

Geociências no ensino básico

Relato de experiência na formação de docentes usando
o método de aprendizagem baseada em problemas

Simone S. de Moraes
Tatiane Combi
Ana Cecília R. Albergaria-Barbosa
Jailma S. de Souza de Oliveira
Maria Eloisa Cardoso da Rosa
Rafaela S. Chaves
Suzan S. de Vasconcelos

(Organizadoras)



A cartilha *Geociências no ensino básico: relato de experiência na formação de docentes usando o método de aprendizagem baseada em problemas* reúne de maneira prática e didática os aprendizados e ensinamentos construídos ao longo do curso ofertado pelo projeto de extensão Geoarretadas. Objetivando levar conhecimentos acadêmicos das Geociências para professores e estudantes do ensino básico, esta cartilha apresenta alguns conceitos e estudos de caso que podem ser utilizados em sala de aula, usando vivências do cotidiano para ilustrar e abordar esses temas de modo descomplicado e inclusivo.

Geociências no ensino básico

Relato de experiência na formação de docentes usando
o método de aprendizagem baseada em problemas



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Reitor

Paulo Cesar Miguez de Oliveira

Vice-reitor

Penildon Silva Filho



SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO

GT4.0
DERRAMES
DE ÓLEO



PROEXT



inct **AmbTropic II**

Simone S. de Moraes
Tatiane Combi
Ana Cecília R. Albergaria-Barbosa
Jailma S. de Souza de Oliveira
Maria Eloisa Cardoso da Rosa
Rafaela S. Chaves
Suzan S. de Vasconcelos
(Organizadoras)

Ana Cecília R. Albergaria-Barbosa
Elis Maltez dos Santos Oliveira
Jailma S. de Souza de Oliveira
Maíra Guimarães Lopes
Maria Eloisa Cardoso da Rosa
Rafaela S. Chaves
Simone S. de Moraes
Suzan S. de Vasconcelos
Tatiane Combi
(Autoras)

Geociências no ensino básico

Relato de experiência na formação de docentes usando
o método de aprendizagem baseada em problemas

Salvador
Ufba
2023



2023, autoras.

Direitos para esta edição cedidos à Ufba.

Feito o Depósito Legal.

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

Coordenação editorial

Cristovão Mascarenhas

Capa, projeto gráfico, ilustrações de capa

Amanda Fahel Reis

Coordenação gráfica

Edson Sales

Revisão

Discovery Serviços

Coordenação de produção

Gabriela Nascimento

Normalização

Maíra Lima

Ilustrações

Maíra Guimarães Lopes, Suzan S. Vasconcelos, Elis Maltez S. Oliveira

Concepção de ilustrações

Jailma S. de Souza de Oliveira (p. 28, 36, 44)

Sistema Universitário de Bibliotecas – Sibi/UFBA

**G342 Geociências no ensino básico : relato de experiências na formação de docentes usando o método de aprendizagem baseada em problemas / Simone S. de Moraes ... [et al] , (Organizadoras) ; Ana Cecília Rizzatti ... [et al] , (Autoras). - Salvador: UFBA, 2023.
60 p. : il. color.**

ISBN: 978-65-5631-122-7

1. Geociências – Estudo e ensino (Ensino fundamental).
2. Professores de geografia – Formação. 3. Aprendizagem baseada em problemas. I. Moraes, Simone S. de. II. Rizzatti, Ana Cecília.
- III. Título: relato de experiências na formação de docentes usando o método de aprendizagem baseada em problemas.

CDU: 91:37

Elaborada por Geovana Soares Lira CRB-5: BA-001975/O

Agradecimentos

Na concepção do Projeto de Extensão Geoarretadas estão os princípios de acessibilidade didática e de conteúdo, com a abertura das geociências para a sociedade através do ensino fundamental ou médio. As atividades se desenvolveram a partir da construção coletiva de uma equipe multidisciplinar com objetivo comum, que contou com a implementação de atividades baseadas em conhecimentos científicos em geologia, oceanografia, geofísica e geografia. Desta forma, esta cartilha é o resultado de uma cooperação que teve início em 2019 na primeira edição do Projeto “Gеоarretadas: despertando a vocação de meninas para as Geociências na Bahia”.

Ao longo destes anos, o projeto, antes presencial, precisou adaptar-se à realidade epidemiológica mundial e enfrentou com sucesso o desafio de assumir uma interface remota, graças ao compromisso social de pessoas que voluntariamente aderiram aos ideais do Geoarretadas. Assim, somos gratas a todas as pessoas que tornaram o projeto possível: àquelas que colaboraram diretamente na sua execução, desde preparar um café ou um bolo para os lanches durante a edição presencial do projeto, até preparar aulas e fornecer o riquíssimo material que foi disponibilizado aos cursistas; e, claro, àquelas que aceitaram a ideia e participaram do projeto em suas diferentes modalidades, passando seus sábados conosco (presencialmente ou virtualmente) nesta troca de saberes.

Agradecemos à Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal da Bahia (PROEXT/UFBA) pelo apoio financeiro através dos editais PAEXDoc 2019 e PAEXDoc Tessituras 2020 e 2021, além da disponibilização de bolsas de extensão para alunas de graduação, inclusive através do edital PIBIEX 2021. Esta publicação contou com o apoio do Grupo de Trabalho (GT) 4 - Derrames de óleo, do INCTAMBTROPIC. Ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (POS-

PETRO/UFBA) agradecemos pela transmissão de nossos eventos virtuais em suas redes. Agradecemos à Secretaria da Educação do Estado da Bahia (SEC/BA), especialmente à equipe do Programa Ciência na Escola (PCE/SEC/BA), que tem sido nossos grandes parceiros na execução e divulgação das atividades do Projeto Geoarretadas na rede pública estadual de ensino básico, e à Rede EducaCiências UFBA pela colaboração junto ao projeto.

Um agradecimento especial ao Instituto de Geociências (IGEO/UFBA), que nos apoia desde o início de diversas formas, seja pela disponibilização de infraestrutura, seja pelas tarefas administrativas. Agradecemos também aos professores e às professoras que abraçaram o projeto com todo o carinho, dando aulas, palestras e abrindo seus laboratórios para nossas atividades presenciais. E, claro, nossa gratidão a todas(os) as(os) discentes de graduação e pós-graduação que se dedicaram imensamente ao projeto nos últimos anos, quase sempre de forma voluntária e com enorme comprometimento.



Sumário

8 Prefácio

*Patrícia Oliveira Santos
Abílio Cláudio Nascimento Peixoto*

10 Introdução

*Simone Souza de Moraes
Rafaela Santos Chaves*

18 Geologia: impactos ambientais da mineração

Jailma Santos de Souza de Oliveira

28 Oceanografia: contaminação de áreas marinhas por petróleo

*Tatiane Combi
Ana Cecília Rizzatti de Albergaria-Barbosa*

36 Geofísica: a poluição sob o olhar da geofísica

Suzan Sousa de Vasconcelos

44 Geografia: contaminação por agrotóxicos

Maria Eloisa Cardoso da Rosa

55 Glossário

58 Sobre as autoras

Prefácio

O Programa Ciência na Escola (PCE), ação estratégica da Secretaria da Educação do Estado da Bahia que promove a Educação Científica e Tecnológica para docentes e discentes, tem como vocação a formação continuada em serviço de docentes integrantes do quadro da Rede Pública Estadual da Bahia que potencializam a interação e a curiosidade com o conhecimento de mundo, inspirando a pesquisa científica, com o apoio de ferramentas tecnológicas. O PCE entende que, por meio destas vivências sociais e educativas, oportunizadas nestes encontros formativos, é possível valorizar os docentes com vistas na melhoria da qualidade de ensino no nosso estado. Outros pontos de destaque para o PCE são a construção de uma rede de parcerias para consolidação colaborativa e de aproximação com a universidade. Foi neste cenário que se estabeleceu, com o Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (IGEO/UFBA), a proposta do curso Geociências no ensino básico no estado, ofertado pela equipe do Projeto Geoarretadas: despertando a vocação de meninas para as Geociências na Bahia, possibilitando a integração dos diferentes saberes.

Assim, há de se destacar que o curso foi ofertado para docentes dos 27 núcleos territoriais de educação e todos os 417 municípios, por isso foi adotada a modalidade Educação à Distância. Todos os encontros foram mediados pelo diálogo, sem sobreposição ou hierarquização de saberes, sem prescrição ou recomendação vazia, e pensados com intuito de viabilizar: novas abordagens nas práticas docentes relacionadas aos conteúdos de geociências; conhecimentos sobre a realidade socioespacial dos Territórios de Identidade do nosso estado; objetos dos conhecimentos articulados com as propostas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e do novo ensino médio.

Mais do que um curso ofertado pela equipe do Projeto Geoarretadas, foi dado aos docentes o reconhecimento dos seus saberes e um maior repertório de práticas

e estratégias didáticas na abordagem de conteúdo das geociências. Destarte, ao final do curso podemos mencionar que: i) foram produzidos, com a parceria e orientação dos docentes do IGEO/UFBA, recursos didáticos assinados pelos docentes da Rede Pública Estadual da Bahia, como evidência da valorização do trabalho docente na Educação Básica, na forma de autoria da sua prática pedagógica; ii) foi atribuída maior preocupação na escolha dos livros didáticos, principalmente, no que diz respeito à abordagem de conteúdos ligados à área de geociências.

Por esses e outros motivos que se deve reconhecer a importância da articulação entre Educação Superior e Educação Básica, além de ressaltar a importância do compromisso da UFBA com a sociedade e das ações do Programa Ciência na Escola que, por meio da formação continuada em serviço e da valorização do trabalho docente, buscam parcerias para provocar impactos significativos na vida escolar dos discentes e o fortalecimento da educação pública no nosso estado.

Patrícia Oliveira Santos

Coordenadora do Programa Ciência na Escola –
Secretaria da Educação do Estado da Bahia.

Abílio Cláudio Nascimento Peixoto

Professor articulador do Programa Ciência na Escola –
Secretaria da Educação do Estado da Bahia.

Introdução

Simone Souza de Moraes e Rafaela Santos Chaves

As geociências são o conjunto das ciências que estudam a Terra, seus vários compartimentos, materiais e processos e, principalmente, sua evolução histórica, desde a origem do Sistema Solar, e até mesmo comparando-a a outros corpos. Na classificação usual em agências financiadoras de pesquisas, as geociências incluem geologia, geofísica, meteorologia, geodésia, geografia física e oceanografia, mas deve-se também considerar outras que contribuem para a compreensão do Sistema Terra. (TOLEDO, 2005)

Sendo assim, o ensino das geociências ou ciências da Terra permite maior compreensão do planeta como um sistema complexo, sujeito a modificações e transformações em diferentes escalas geográficas e temporais. Essa ciência tem como objetivo estudar as dinâmicas terrestres através da abordagem sobre os fenômenos interiores e superficiais da Terra, as interações das esferas (hidrosfera, atmosfera, litosfera e biosfera), as profundas e diversificadas relações entre meio físico e seres vivos, a evolução do planeta (seus continentes e oceanos), a evolução das formas de vida ao longo do tempo geológico, a distribuição dos organismos no contexto da tectônica global (biogeografia), a ecologia e a sistemática filogenética. (FIRMINO et al., 2019) Por ser interdisciplinar e estar intimamente relacionada a temas cada vez mais relevantes no cenário global (como a questão ambiental, a busca por fontes alternativas de energia e a gestão de recursos hídricos), a abordagem das geociências permite alertar para a necessidade de um equilíbrio entre os seres humanos e os demais seres e uma integração de interesses/necessidades humanas com a preservação ambiental. (FARIA et al., 2007; GALVÃO; FINCO, 2009; NEVES; CAMPOS; SIMÕES, 2008; REIS et al., 2005)

Ao fornecer os conhecimentos relacionados ao funcionamento e complexidade do sistema terrestre, suas transformações e relações com as questões ambientais e sociais, o ensino das Geociências desde a infância se torna indispensável para que a sociedade possa de fato compreender e tomar frente nas questões socioambientais enfrentadas atualmente, indo ao encontro de soluções viáveis para seu enfrentamento. Entretanto, a abordagem destes conhecimentos na Educação Básica perpassa por alguns desafios, como a fragmentação do conhecimento geocientífico em disciplinas e a dificuldade de integração entre vários conceitos e áreas do conhecimento. (ERNESTO et al., 2018) Essa fragmentação se deve à ausência de uma disciplina no currículo escolar brasileiro que reúna e integre os conceitos de geociências, fazendo com que esses sejam dispersados entre a biologia, geografia, história, química, física e filosofia, de modo que onde deveria haver uma visão integrada ocorre dissociação. (TOLEDO, 2002 apud CARNEIRO et al., 2004)

FIGURA 1 – Planeta visto de forma holística



Para que os professores possam proporcionar o desenvolvimento, nos(as) alunos(as), de uma compreensão sólida e integrada dos conceitos geocientíficos, sua formação deve ser voltada à conexão das áreas do conhecimento, em que o planeta é estudado de maneira holística, considerando mudanças ambientais, processos e ciclos, riscos naturais e impactos ambientais. (ERNESTO et al., 2018) Portanto, para que os conteúdos das geociências sejam contemplados desta

maneira no ensino básico é preciso haver formação adequada dos professores para tratar desses assuntos com segurança em sala de aula.

Além disso, é preciso considerar o fato de que, nas últimas décadas, apesar do crescimento da participação feminina em toda sociedade e do aumento da proporção de mulheres matriculadas em instituições de ensino superior, observa-se que as cientistas tendem a ser sub-representadas em relação aos homens, principalmente quando se trata das áreas de ciências exatas e da Terra, na qual é comum a valorização da imagem masculina, desestimulando as mulheres a seguir tais carreiras. (RAMOS; TEDESCHI, 2015)

Com base nestas premissas, o Projeto Geoarretadas: despertando a vocação de meninas para as Geociências na Bahia é constituído por docentes/pesquisadoras e estudantes do Instituto de Geociências da UFBA que desenvolvem atividades de extensão com o objetivo de despertar o interesse dos(as) professores(as) e estudantes do ensino básico para as Geociências e discutir questões relacionadas à representatividade feminina nas ciências exatas e da Terra.

Em 2021, na terceira edição do projeto Geoarretadas, foi realizado o curso “Geociências no Ensino Básico na Bahia” para capacitação de docentes da rede estadual com foco em uma abordagem holística de temas das geociências através de experimentações e análises de situações-problema – Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) – favorecendo o protagonismo dos estudantes e permitindo-lhes aprofundar e ampliar suas reflexões a respeito desses conhecimentos. O curso teve carga horária de 60 horas e foi ministrado de forma interativa na modalidade de ensino remoto através de discussões síncronas e atividades assíncronas, utilizando a plataforma Moodle da UFBA e o Google Meet. Foram selecionados conceitos geocientíficos cuja abordagem é recomendada pela Base Nacional Comum Curricular do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio (BRASIL, 2018) e temas de relevância para a valorização da geodiversidade regional e/ou para a discussão de problemas socioambientais do estado da Bahia. Esses foram apresentados na forma de experimentações e análises de situações-problema. Como trabalho final, os docentes cursistas produziram situações-problema sobre questões geocientíficas relevantes em seus municípios e em conformidade com o planejamento pedagógico do colégio em que atuam.

Todo o curso foi baseado na apresentação e resolução de situações-problema relacionadas a um tema norteador único: poluição ambiental, a partir do qual foram discutidos conceitos básicos de geologia, geografia, oceanografia e geofísica. Os temas e situações-problema utilizados no curso e as respostas

elaboradas pelos cursistas são apresentados nesta cartilha com intuito de contribuir para a construção de novas estratégias de ensino que possibilitem uma abordagem holística dos temas das geociências no ensino básico.

Importância da Aprendizagem Baseada em Problemas

A ABP, ou *Problem-Based-Learning* (PBL), é uma abordagem metodológica que tem como marca a aplicação e resolução, em grupos, de problemas reais ou inspirados na vida real. É uma estratégia didática que segue uma tendência contrária ao ensino tradicional expositivo, que é focado no professor como detentor exclusivo do conhecimento. Na ABP, os estudantes – atuando ora em equipe, ora individualmente – são protagonistas do próprio aprendizado.

Souza e Dourado (2015), em extenso trabalho de revisão da literatura, definem ABP como uma estratégia de ensino por investigação, centrada no aluno, que visa a produção de conhecimento individual e em grupo, de maneira cooperativa, e que utiliza técnicas de análise crítica para a compreensão e resolução de problemas de forma significativa, em interação contínua com o professor tutor.

Essa abordagem metodológica nasceu voltada para o ensino-aprendizagem na área da saúde, sendo difundida principalmente a partir de graduações de medicina no Canadá, no final da década de 60. Logo ela teve ampla disseminação no ensino superior. (LOPES et al., 2019) No entanto, a sua aplicação na educação básica ainda é considerada algo novo. O grande desafio da execução da ABP no ensino básico talvez seja justamente essa inversão de protagonismo dentro da sala de aula. Na ABP, os estudantes trabalham em pequenos grupos colaborativos para aprender o que é necessário e resolver um determinado problema, enquanto o professor atua como facilitador ou orientador dessa aprendizagem. (HMELO-SILVER, 2004)

Também deve ser desafiador, nas escolas, crer que jovens estudantes possam aprender a partir de suas dúvidas e suspeitas a respeito de um tema, e não de certezas apresentadas pelo educador ou pelo livro didático. Segundo Andrade e Campos (2005), é justamente por ser uma metodologia focada na autoaprendizagem e no desenvolvimento da capacidade crítica que a ABP se torna uma aliada para os professores.

Farias e demais autores (2018) elencam alguns benefícios relacionados ao aprendizado que, segundo a literatura especializada, são desenvolvidos pelos estudantes quando a ABP é a metodologia empregada: desenvolvimento de uma

larga base de conhecimento sobre o assunto abordado; competências para solucionar problemas de maneira efetiva; motivação para aprender; autonomia no aprendizado; e trabalhar em equipe de maneira eficiente.

Ainda, tendo como assinatura a aprendizagem a partir da resolução de problemas contextualizados com a realidade, o pensamento crítico e a criatividade são habilidades que devem ser desenvolvidas durante o processo educativo fundamentado na ABP. Por sua vez, como os estudantes precisam atuar em grupos colaborativos na busca de soluções para o problema, são estimuladas também as habilidades necessárias para o trabalho em equipe, como: comunicação, colaboração, liderança e resolução de conflitos, por exemplo.

Sendo assim, já nas discussões iniciais da equipe do Projeto Geoarretadas com os professores participantes do curso Geociências no Ensino Básico da Bahia, buscou-se desafiá-los a empregar a ABP como método no ensino de temas de Geociências em suas salas de aula. Para tanto, entendemos que a melhor estratégia para prepará-los para o desafio, além de incentivá-los e fazê-los refletir sobre os benefícios desta abordagem inovadora, seria a imersão total na metodologia, portanto adotamos as seguintes bases fundamentais da ABP: estudantes como protagonistas na resolução de uma situação-problema; problemas complexos e inspirados na “vida real” para garantir uma aprendizagem ativa e significativa; trabalho em grupos colaborativos e professores como orientadores do processo. (LOPES et al., 2019; SOUZA; DOURADO, 2015)

Mas, afinal, o que é uma situação-problema e como elaborar uma? Essa foi a pergunta que precisamos nos fazer para construir o curso, e ao final dele, precisamos responder aos nossos cursistas, a fim de que pudessem elaborar, a título de atividade de conclusão do curso, uma situação-problema que pudesse ser trabalhada em sala de aula nos moldes da ABP.

Criando uma situação-problema

Na ABP, entende-se que “estudantes e professores se envolvem em analisar, entender e propor soluções para *situações cuidadosamente desenhadas* de modo a garantir ao aprendiz a aquisição de determinadas competências previstas no currículo escolar”. (LOPES et al., 2019, p. 49, grifo nosso)

Nesse sentido, entendemos situação-problema como a descrição de um problema verdadeiro ou espelhado na vida real que, na abordagem metodológica da ABP, é o ponto de partida para o processo de aprendizagem dos estu-

dantes. A situação-problema, portanto, deve sugerir a questão que os estudantes precisam buscar solucionar e o contexto em que a problemática se insere.

Em nosso curso, as situações-problema que desenhamos abordavam questões atuais e controversas sobre temáticas de geociências. Da mesma maneira, aos nossos cursistas, não fizemos exigências sobre a composição da situação-problema ou sobre o contexto de aplicação em sala de aula, solicitamos apenas que o tema central dos problemas, criados por eles, tivesse relação com as áreas das geociências trabalhadas ao longo do curso.

Para orientá-los no processo de construção da situação-problema, tendo como base as instruções de Lopes e demais autores (2019), ressaltamos que uma situação-problema não deve possuir todas as informações necessárias para a resolução do problema, já que o objetivo é que ela seja geradora de questionamentos e que estimule os estudantes a buscarem, em outras fontes, meios para responder às perguntas que ela fomenta. Inclusive, segundo os autores, as situações-problema podem apresentar informações e pontos de vista conflitantes, afinal, deve apresentar uma situação complexa que não tem, necessariamente, uma única resposta correta.

Outra característica fundamental é que o problema no qual a aprendizagem vai se basear deve ser relevante para os estudantes e é importante que seja uma questão atual, que desperte o interesse neles. Lopes e demais autores (2019) também ressaltam que é fundamental que o(s) problema(s) esteja(m) alinhado(s) ao currículo escolar, ou seja, que os professores tenham clareza sobre os conteúdos curriculares que devem ser contemplados durante o processo de resolução do problema. Para os autores, é desejável também que a situação-problema possibilite conexões com o conhecimento prévio dos alunos.

Por fim, partindo da situação-problema construída, os estudantes realizam as atividades necessárias para solucioná-lo. Lopes e demais autores (2019) sugerem que a aprendizagem se dá em ciclos. Em um primeiro momento, que é caracterizado pela formulação e análise do problema, os estudantes, dentro de uma equipe colaborativa, devem identificar as informações fornecidas pela situação-problema. Partindo dos conhecimentos prévios de cada membro do grupo sobre o tema, eles devem gerar as primeiras hipóteses e identificar suas lacunas de aprendizagem. Em um segundo momento, através de um estudo autodirigido, busca-se informações consideradas importantes para a compreensão do problema e definem-se estratégias que deverão ser adotadas para a resolução do problema. Em um terceiro e último momento, ocorre a discussão

e conclusão, para o compartilhamento de informações com o grupo, debate de ideias e, finalmente, formular uma ou mais conclusões.

Nos próximos capítulos, apresentaremos as situações-problema que construímos e aplicamos, assim como nossa experiência no decorrer do curso.

Referências

- ANDRADE, M. A. B. S. A.; CAMPOS, L. M. L. Possibilidades e limites da prática da aprendizagem baseada em problemas (PBL) no ensino médio. *Enseñanza de las Ciencias*, [s. l.], p. 1-3, 2005. Edição especial.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC/SE/SEB/CNE, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 29 mar. 2022.
- CARNEIRO, C. D. R. *et al.* Dez motivos para a inclusão de temas de geologia na educação básica. *Revista Brasileira de Geociências*, Curitiba, v. 34, n. 4, p. 553-560, 2004.
- ERNESTO, M. *et al.* Perspectivas do ensino de geociências. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 331-343, 2018.
- FARIA, A. C. G. *et al.* Utilização de veículos alternativos de comunicação para a difusão do conhecimento paleontológico. *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 168-174, 2007.
- FARIAS, G. F. *et al.* *Educação Fora da Caixa: tendências internacionais e perspectivas sobre a inovação na educação*. São Paulo: Blucher, 2018. p. 171-186.
- FIRMINO, A. R. S.; BARBOSA, J. R. A.; RODRIGUES, A. P. C. Ensino de geociências no ensino fundamental: um estudo de caso sobre uso de mapas conceituais e aulas práticas (RJ Brasil). *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, v. 14, n. 2, p. 272-291, 2019.
- GALVÃO, D. M.; FINCO, G. Geociências no ensino médio: aprendendo para a cidadania. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. *Anais [...]*. Florianópolis: ENPEC, 2009.
- HMELO-SILVER, C. E. Problem-Based Learning: what and how do students learn? *Educational Psychology Review*, [New York], v. 16, n. 3, p. 235-266, 2004.
- LOPES, R. M. *et al.* Características gerais da aprendizagem baseada em problemas. In: LOPES, R. M.; FILHO, M. V. S.; ALVES, N. G. (org.). *Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para aplicação no ensino médio e na formação de professores*. Rio de Janeiro: Publíki, 2019. p. 47-74.

NEVES, J. P.; CAMPOS, L. M. L.; SIMÕES, M. G. Jogos como recurso didático para o ensino de conceitos paleontológicos básicos aos estudantes do ensino fundamental. *Terr@Plural*, Ponta Grossa, v. 2, n. 1, p. 103-114, 2008.

RAMOS, R. C.; TEDESCHI, S. P. A participação das mulheres na produção científica da UNESP, campus de Rio Claro. *Caderno Espaço Feminino*, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 140-151, 2015.

REIS, M. A. F. *et al.* Desenvolvimento de um Sistema Multimídia Educacional sobre a Paleontologia da Bacia de Pirabas, Mioceno do Norte do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 70-79, 2005.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. *Holos*, Natal, v. 5, p. 182-200, 2015.

TOLEDO, M. C. M. Geociências no Ensino Médio Brasileiro, Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Geologia USP Publicações Especiais*, São Paulo, v. 3, p. 31-44, 2005.



Geologia: impactos ambientais da mineração

Jailma Santos de Souza de Oliveira

Contextualização e aspectos gerais

A mineração compreende um conjunto de atividades destinadas a pesquisar, descobrir, mensurar, extrair, tratar e transformar recursos minerais de forma a torná-los benéficos econômicos e sociais. Durante a maior parte da história da mineração no Brasil, a extração, tratamento e beneficiamento de substâncias minerais eram feitas através de técnicas e ferramentas quase rudimentares. A geração de rejeitos e os impactos promovidos por sua disposição no meio ambiente eram considerados desprezíveis, resultando em descartes inadequados feitos diretamente na natureza.

O desenvolvimento tecnológico que seguiu a Revolução Industrial aumentou a capacidade de minerar substâncias com baixo teor mineral, tendo como consequência a produção ainda maior de rejeitos, com granulometria cada vez menor. Entretanto, as práticas de disposição de rejeitos permaneceram inalteradas e, como resultado, houve um aumento de seus depósitos e transporte das fontes geradoras para os solos, os cursos d'água, lagos e oceanos.

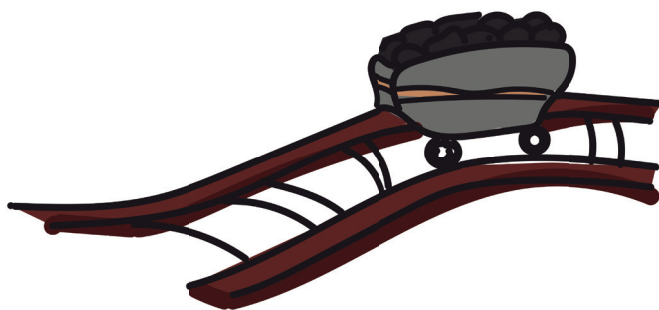
O estéril e o rejeito são os principais resíduos gerados pela mineração, merecendo atenção no que diz respeito a seu correto manuseio e destinação. Esses resíduos, de modo geral, são constituídos por pilhas de minérios pobres, estéreis, rochas, sedimentos, solos, as polpas de decantação de efluentes, aparas e lamas das serrarias de mármore e granito, sobras da mineração artesanal de pedras preciosas e semipreciosas, principalmente em região de garimpos, além de partícu-

las finas e ultrafinas não aproveitadas no beneficiamento. Outros resíduos também produzidos na operação das plantas de mineração são: os efluentes das estações de tratamento, as peças de reposição, os pneus e as baterias utilizadas nos veículos e maquinários, além de sucatas e resíduos de óleo em geral.

Um desafio dos setores produtivos, incluído aqui o de mineração, é a redução dos resíduos gerados mantendo o patamar de qualidade de vida. Para tanto, a eficiência no uso dos recursos e o desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento de resíduos são estratégicos. No caso da indústria da mineração, o conhecimento geológico mais detalhado da região em exploração se configura como um importante fator para a diminuição na geração de resíduos. A acurácia no mapeamento em uma escala compatível para a pesquisa mineral acarretará projetos mais eficientes em termos de aproveitamento dos minérios extraídos e, por consequência, com menor geração de resíduos.

Situação problema: mineração de chumbo em Boquira

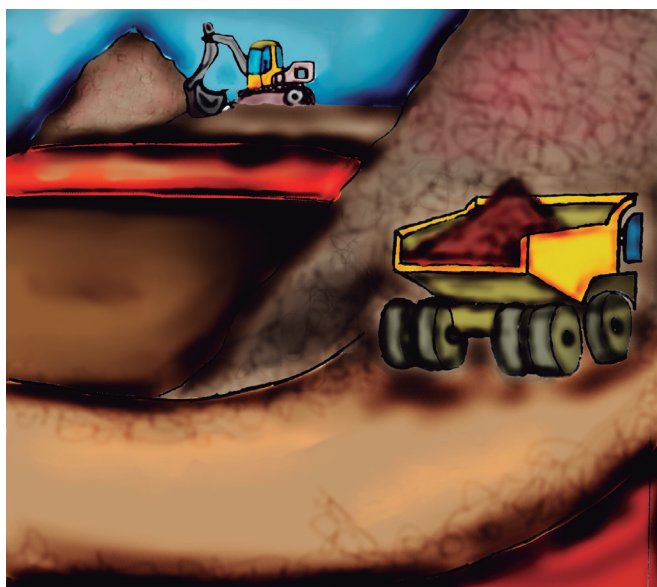
FIGURA 1 – Caminhos da mina



O município de Boquira, região do semiárido baiano, abriga uma das principais mineralizações de chumbo (Pb) do Brasil. Durante 33 anos (1959-1992), houve o processo de exploração mineral na região, produzindo 117 mil toneladas de minério de chumbo, zinco e prata. Na época, houve crescimento na economia de Boquira e de suas regiões vizinhas, assim como melhorias nas condições de vida da população, principalmente devido a geração de empregos. (SANTOS, A., 2007) Entretanto, isso só aconteceu durante o processo de extração. Logo após a retirada

de todo o minério e exaustão completa da mina, a planta de operação foi abandonada com seu maquinário, deixando centenas de funcionários desempregados e um enorme passivo ambiental em forma de cava da mina a céu aberto, galerias subterrâneas, pilha de estéril, e a bacia de rejeito como um grande problema ambiental em forma de resíduos sólidos tóxicos. (SANTOS, A., 2007)

FIGURA 2 – Mina a céu aberto



Estudos desenvolvidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (2001) estimaram um volume aproximado de 6 milhões de toneladas de resíduo sólido disposto a céu aberto no entorno da mina, pertencentes a bacia de rejeito e estéril. Esses eram compostos principalmente por chumbo, zinco, prata, bário, cobre, cromo, níquel, arsênio e cádmio, com teores para chumbo e zinco acima de 10.000 ppm. A bacia de rejeito está localizada a 1 km do centro da cidade, e cerca de 40 m dos bairros residenciais, infringindo as normatizações técnicas do plano diretor de desenvolvimento urbano e estudos de potencial risco ambiental. Somando-se ao descarte inadequado, ocorre um grande lixão instalado sobre esta bacia. Isso favorece, a partir da decomposição dos compostos orgânicos, a estruturação do chumbo em sua forma tóxica, potencializando o perfil de contaminação da região para chumbo.

Em corpos d'água, os metais interagem com a matéria orgânica disponível na água, formando complexos ou sendo adsorvidos. A toxicidade desses metais

varia em função do pH e dos teores de carbono dissolvidos e em suspensão. A forma mais tóxica de um metal não é a livre, mas quando este se encontra como cátion ou ligado às cadeias carbônicas. Nos organismos, o principal mecanismo de ação tóxica dos metais decorre de sua afinidade pelo enxofre. Assim, quando presentes em suas formas catiônicas, os metais reagem com o radical sulfidril (-SH) presente na estrutura proteica das enzimas, alterando suas propriedades, o que pode resultar em consequências danosas ao metabolismo dos seres vivos. (BAIRD; CANN, 2002) Sulfetos metálicos (pirita e calcopirita ± blenda ± galena) oxidam-se por reações com águas circulantes, formando ácido sulfúrico, causando drenagens ácidas e acarretando uma intensa mobilização dos metais (Pb, Zn, Cu, Cd, As, Hg e outros) que se concentram nas águas superficiais e subterrâneas e no solo das áreas ao redor daquela afetada. No caso de afetação industrial ou agrícola, a dispersão dos metais pode ocorrer na forma de pó, aumentando a área onde ocorre o impacto ambiental, sobre águas, solo e atmosfera. Em geral, há muitas formas pelas quais as atividades humanas dispersam metais no ambiente.

No contexto apresentado, temos como questões centrais:

Q1. Como gerenciar o passivo ambiental potencialmente tóxico resultante da mineração de chumbo em Boquira?

Q2. Considerando que o chumbo se torna tóxico quando combinado com substâncias orgânicas, o que fazer com o lixão instalado na bacia de rejeito da mineração deste metal em Boquira?

Respostas

Q1. Como gerenciar o passivo ambiental potencialmente tóxico resultante da mineração de chumbo em Boquira?

Respostas esperadas:

desenvolvimento de pesquisas para o aproveitamento e separação dos elementos potencialmente tóxicos na bacia de rejeito;

transformação do rejeito em remineralizador do solo, realizando combinação deste material com granitoides ricos em potássio, através de blindagens de rochas. Utilizando como parâmetro as normas do Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento (Mapa) que estabelece os limites para Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) presente na Tabela 1, além de utilizar os critérios para seleção de agrominerais indicados na Tabela 2 e de análise petrográfica, que determinam: (i) minerais que podem disponibilizar nutrientes; (ii) abundância dos minerais inertes; (iii) texturas e processos que facilitam o intemperismo; (iv) formação de minerais secundários; (v) tamanho dos minerais adequados para o pó de rocha.

TABELA 1 – Valores permitidos para elementos tóxicos e potencialmente tóxicos (EPT)

Elemento	Limite (ppm)
Arsênio	15
Cádmio	10
Mercúrio	0,1
Chumbo	200

Fonte: Mapa (2006).

QUADRO 1 – Critérios para seleção de agrominerais

Presença de nutrientes em minerais que permitam sua disponibilização	Soma de bases Soma dos óxidos CaO + K ₂ O + MgO	Conteúdo de minerais inertes resistentes ao intemperismo
MACRONUTRIENTES P, K, S, Ca e Mg	No mínimo ou igual a 9% no peso da rocha	Deve ser inferior a 25% em volume/volume
MICRONUTRIENTES Essenciais: B, Cl, Cu, Fe, Mg, Mo e Zn Benéficos: Na, Co, Si, Ni, Se, V e In	Na IN 05/2016* o K ₂ O = ou > 1%	Na IN 05/2016* somente para SiO ₂ livre.

Nota: * Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Fonte: Blaskowski e demais autores (2016).

Respostas dadas pelos cursistas e assuntos correlatos discutidos com eles

A maioria dos cursistas indicou que todo material considerado resíduo tóxico deve ser retirado do local por órgão competente ou, alternativamente, fazer o isolamento/ confinamento da área ou do material tóxico em contêineres, até que haja tecnologia e investimentos para poder reaproveitar, de forma segura, esse material por uma empresa que esteja interessada no aproveitamento econômico ou sustentável.

Ainda foi sugerido, como solução, fazer o gerenciamento ambiental. Para isso, seriam utilizados os critérios e valores orientadores de qualidade do solo estabelecido por diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas em decorrência de atividades antrópicas (Resolução Conama nº 420, de 28 de dezembro de 2009), bem como a realização de monitoramentos periódicos das águas superficiais e subterrâneas, solo, saúde da população. Isso seria usado para avaliar a situação atual da saúde ambiental e da população, podendo-se tomar providências cabíveis para enfrentamento dos problemas e prevenção de outros. Somado a isso, foi também indicada a realização de ações sociais com o intuito de informar e conscientizar os moradores expostos aos resíduos tóxicos.

Q2. Considerando que o chumbo se torna tóxico quando combinado com substâncias orgânicas, o que fazer com o lixão instalado na bacia de rejeito da mineração deste metal em Boquira?

Respostas esperadas

Para a solução desta problemática, temos três condições que podem ser aplicadas:

1. conscientizar os representantes públicos sobre a importância da construção de um aterro sanitário para o redirecionamento dos resíduos em forma de lixo;
2. despertar os gestores de Boquira no que diz respeito ao lixão instalado na bacia de rejeito e com relação às frequentes queimadas que ocorrem neste ambiente;
3. indicar e prevenir as principais vias de contaminação, bem como orientar a respeito das técnicas de remediação para conter a migração dos metais em sua forma tóxica.

Respostas dadas pelos cursistas e assuntos correlatos discutidos com eles

As respostas dos cursistas se dividiram entre as possibilidades da desativação do lixão e a imediata extração do material potencialmente tóxico, assim como o isolamento do restante do material tóxico em local ambientalmente seguro. Sugeriu-se também a construção de um novo aterro sanitário de pequeno porte, seguindo as normas cabíveis, em área fora do perímetro das residências. Adicionalmente, foram sugeridas ações para a conscientização popular e avaliação de alternativas para a disposição final dos resíduos sólidos; estimular os gestores do empreendimento a investir em técnicas alternativas de tratamento e, no caso de negativas, averiguar judicialmente a possibilidade de responsabilização e enfrentamento.

Outras alternativas ou ações

Podemos considerar a aplicação de políticas públicas de saúde preventiva com:

1. rastreamento de sintomas provocados pela toxicidade do chumbo, como: anorexia/perda de peso, apatia/irritabilidade, vômitos ocasionais, fadiga, anemia, falta de coordenação, dores vagas nos ombros, articulações e abdômen, distúrbios sensitivos das extremidades, transtorno do ciclo menstrual, letargia, encefalopatia, delírios, convulsões e coma;
2. realização de exames de sangue periódicos na população, tendo como parâmetros os valores definidos pela OMS indicados na Tabela 3.

QUADRO 2 – Níveis de Chumbo (Pb) medidos em exames de sangue e ações a serem tomadas

Níveis de Pb no Sangue	Ações
Abaixo de 40 µg/dl	valores normais
Entre 40 µg dl e 60 µg/dl	monitorização regular e periódica
Acima de 60 µg/dl	afastamento da exposição e avaliação clínica criteriosa

Fonte: World Health Organization (1995).

3. gerenciamento de riscos:

- orientar a população para dietas ricas em cálcio, ferro, magnésio e fósforo;
- ingestão diária de vitamina D, que protege os ossos da deposição de Pb;
- realização de Raio-X do fêmur para determinar a integridade dos ossos;
- lavagem das mãos antes do consumo de alimentos;
- evitar a utilização de enlatados e possíveis utensílios constituídos pelo metal.

4. avaliação dos riscos que envolvem a presença de um determinado metal no ambiente deve levar em consideração a sua forma de transporte e a biodisponibilidade. Essas características dependerão de suas propriedades físico-químicas e mostram a necessidade de uma articulação multi/interdisciplinar de conceitos para melhor descrever a atual compreensão desses elementos.

A biodisponibilidade de um elemento químico corresponde à medida do potencial que este tem para ser absorvido pelos seres vivos, e a acumulação de metais nos organismos depende diretamente da fração de metais biodisponíveis no meio.

A forma mais tóxica de um metal não é a livre, mas quando este se encontra como cátion ou ligado a cadeias carbônicas. Nos organismos, o principal mecanismo de ação tóxica dos metais decorre de sua afinidade pelo enxofre. Assim, quando presentes em suas formas catiônicas, os metais reagem com o radical sulfidrila (-SH) presente na estrutura proteica das enzimas, alterando suas propriedades, o que pode resultar em consequências danosas ao metabolismo dos seres vivos.

Outras alternativas dadas pelos cursistas

Um dos cursistas indicou o uso de húmus para descontaminar áreas contaminadas, utilizando a reportagem encontrada no portal Terra (HÚMUS..., 2012), na qual o húmus é empregado como alternativa ecológica em solos contaminados por metais pesados como cobre, chumbo, cromo, com sucesso. No entanto, esse processo não retira os metais do local, na verdade eles ficam imóveis, ou seja, não ficam disponíveis para as plantas, nem para serem carregados ou levados ao lençol freático.

Outro trouxe uma alternativa na área da educação, sugerindo uma revisão do currículo escolar para incluir/fortalecer o estudo sobre a mineração no município e suas implicações ambientais e sociais, assegurando a educação ambiental dos estudantes em todas as faixas etárias para que busquem conviver de forma sustentável e saudável com o ambiente local. A comunidade escolar poderá realizar campanhas permanentes de educação ambiental junto à população.

Foram sugeridas também parcerias com ONGs e universidades visando promover seminários abertos à comunidade sobre a questão do chumbo e outros metais encontrados no município, incentivando a redução e a reciclagem do lixo, o manejo adequado do solo e da água, além da construção de um memorial sobre a história da mineração, trazendo à tona a importância do lugar e que ele continua vivo.

Houve a sugestão de reflorestamento com o plantio de mamonas na área, para evitar a lixiviação e fomentar recursos com a venda das sementes, para a produção de óleo (biodiesel) ou utilizar a vegetação nativa para que com o passar do tempo essa área se recupere.

Referências

- ANJOS, J. Â. S. A. *Geologia ambiental e médica do estado da Bahia: Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), licenciamento e estudos ambiental*. Salvador: Ed. Junior, 2021. v. 1.
- ANJOS, J. Â. S. A.; SANCHEZ, L. E. *Geologia ambiental e médica do estado da Bahia: Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), diagnóstico ambiental do meio físico da Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda*. Salvador: Ed. Junior, 2021. v. 2.
- BAIRD, C.; CANN, M. *Química ambiental*. Tradução: Marco Tadeu Grassi. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BLASKOWSKI, A. E. *et al.* Prospecção de agrominerais na região de Irecê e Jaguarari - Bahia: uma proposta de metodologia para mapeamento agrogeológico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 48., 2016, Porto Alegre. *Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 27, 5 de junho de 2006. Dispõe sobre a importação ou comercialização, para produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 143, n. 110, p. 15-16, 9 jun. 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/>

fertilizantes/legislacao/in-sda-27-de-05-06-2006-alterada-pela-in-sda-07-de-12-4-16-republicada-em-2-5-16.pdf. Acesso em: 18 ago. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (Brasil). *Balanço Mineral Brasileiro - Chumbo*. [Salvador]: DNPM, 2001. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/4-2-chumbo>. Acesso em: 18 ago. 2021.

HÚMUS é usado com sucesso para descontaminar áreas com metais. *Portal TERRA*, [s. l.], 12 nov. 2012. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/sustentabilidade/humus-e-usado-com-sucesso-para-descontaminar-area-com-metais,a45939160467b310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html#:~:text=H%C3%BAmus%20%C3%A9%20usado%20com%20sucesso%20para%20descontaminar%20%C3%A1rea%20com%20metais,-12%20nov%202012&text=H%C3%BAmus%20%C3%A9%20empregado%20com%20sucesso,como%20cobre%2C%20chumbo%2C%20cromo>. Acesso em: 24 ago. 2021.

MARTINS, E. H. C.; MONTEIRO, E. M. S. Riscos à saúde da população causados pela contaminação por chumbo no município de Boquira, Bahia. *Revista Baiana Saúde Pública*, Salvador, v. 40, p. 114-131, 2016, Supl. 2.

OLIVEIRA, V. S. *Geologia médica: histórico, fonte e análise das vias de contaminação por chumbo no estado da Bahia*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

SANTOS, A. R. *Memórias: de Macacos a Boquira*. Boquira: [s. n.], 2007.

SANTOS, P. H. R. *Avaliação Preliminar dos impactos ambientais da mineração de Pb-Zn de Boquira, Bahia*. 2014. Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Environmental health criteria 165: inorganic lead*. Geneva: WHO, 1995.



Oceanografia: contaminação de áreas marinhas por petróleo

Tatiane Combi e Ana Cecília Rizzatti de Albergaria-Barbosa

Contextualização e aspectos gerais

Nas últimas décadas, os ecossistemas costeiros vêm sofrendo impactos crescentes relacionados à exploração de recursos, atividades industriais e portuárias, sobrepesca e aumento das populações costeiras. Consequentemente, a carga de contaminantes que chega a esses ambientes é cada vez maior, comprometendo sua qualidade ambiental. Dentre as diversas fontes de contaminação, a por petróleo é uma das mais importantes ao redor do mundo, devido ao grande volume produzido e transportado desse óleo e à elevada toxicidade de seus constituintes, podendo gerar grandes impactos ecológicos e socioeconômicos.

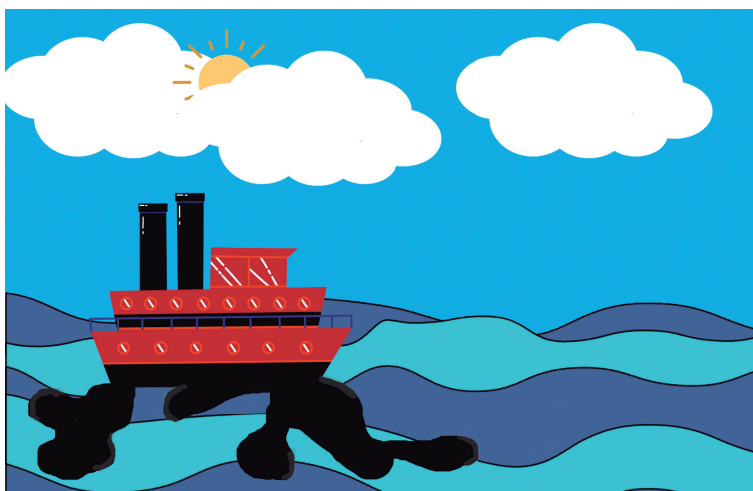
O petróleo é um dos recursos não-renováveis mais usados no nosso dia a dia. Apesar de sempre associarmos seu uso como combustível para produção de energia elétrica na indústria, no transporte e até mesmo em residências, ele e seus derivados também são usados como matéria-prima para produção de plásticos e de asfaltos, e podem estar presentes em diversos produtos como cosméticos, fármacos, produtos de limpeza doméstica etc.

A produção mundial de petróleo tem crescido nas últimas décadas. Atualmente, são produzidos cerca de 88 milhões de barris de óleo por dia no mundo. A produção brasileira representa 3% deste total. (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS, 2021) Além de grande parte dessa produção ocorrer em ambientes marinhos, o transporte do petróleo bruto e seus derivados é realizado principalmente por rotas marítimas. Essas atividades de exploração e transporte de óleo, bem como

as atividades cotidianas de embarcações (desde os pequenos barcos de pesca até os grandes navios usados na exportação/importação de produtos), podem ocasionar derrames de óleo no ambiente marinho. Estima-se que cerca de 2,3 a 7 milhões de toneladas de óleo entrem anualmente nos oceanos, principalmente através de fontes difusas, como vazamentos naturais e operações de extração e transporte de petróleo. (ALEIXO; TACHIBANA; CASAGRANDE, 2007)

Apesar disso, acidentes envolvendo derrames de óleo são uma das formas de contaminação mais evidentes em termos de percepção por parte da população, devido ao seu caráter agudo e maior visibilidade.

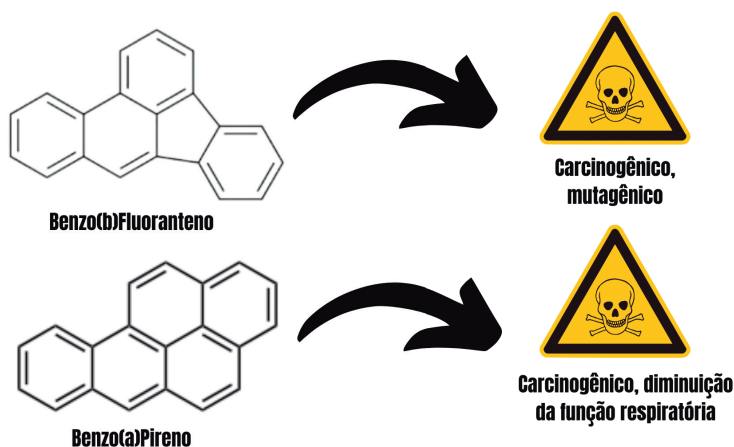
FIGURA 1 – Derramamento de petróleo sobre o oceano



O petróleo é uma mistura complexa de compostos, formado principalmente por hidrocarbonetos (compostos orgânicos formados basicamente de carbono e hidrogênio), como n-alcenos e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs). Há também a presença de compostos inorgânicos, incluindo metais como o vanádio e o níquel, que normalmente encontra-se em concentrações mais baixas. (OLIVEIRA et al., 2020) Os HPAs são compostos formados por dois ou mais anéis benzênicos condensados. Esses compostos são considerados poluentes prioritários para análises de risco ambiental e ecológico, pois podem ser acumulados pelos organismos, incluindo o homem, através da ingestão de alimentos contaminados, pela respiração, pelo consumo da água contaminada e contato com a pele.

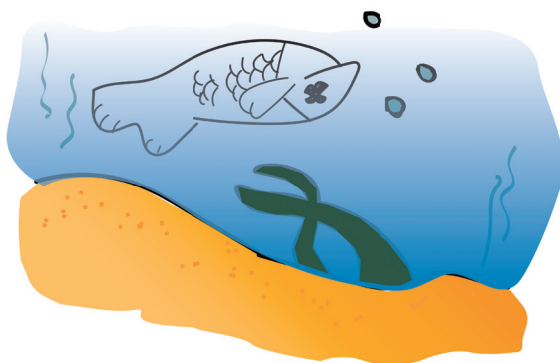
Dentre as propriedades tóxicas que esses elementos e compostos podem causar, destacam-se suas propriedades carcinogênicas, mutagênicas, teratogênicas, genotóxicas e imunotóxicas, podendo também causar danos ao sistema endócrino, e problemas de reprodução e desenvolvimento. Dessa maneira, é importante avaliar ambientes contaminados por petróleo e evitar a sua contaminação ocasionada pelos derrames deste recurso mineral não renovável.

FIGURA 2 – Propriedades tóxicas e suas consequências



Uma vez que o petróleo é derramado no meio ambiente, diversos impactos negativos podem ser observados. Um dos primeiros, que ocorre após um derrame, está relacionado à morte de animais marinhos que entram em contato com o óleo, como: aves marinhas, tartarugas, peixes e marinhos. Nesses casos, os animais morrem devido à asfixia, pois a viscosidade do óleo pode impedir ou dificultar a locomoção e/ou obstruir o sistema respiratório. Outro importante impacto está relacionado à toxicidade de determinados elementos e compostos que fazem parte da sua composição, que podem ser inorgânicos (como enxofre e níquel) ou orgânicos (como os HPAs). (OLIVEIRA et al., 2020) Mesmo após serem feitas ações de remoção do óleo nas áreas atingidas por derramamentos, os fragmentos de petróleo e seus constituintes químicos podem permanecer depositados nos sedimentos por anos ou até mesmo décadas. Assim, os efeitos ecológicos, ambientais e humanos poderão ser observados a médio e longo prazo, podendo chegar a anos após um acidente.

FIGURA 3 – Potenciais impactos do óleo: morte de organismos marinhos por asfixia



Situação-problema: o derrame de óleo de 2019

Entre agosto de 2019 e março de 2020, um derramamento de óleo se espalhou por cerca de 3.000 km da costa nordeste e sudeste do Brasil. Manchas de óleo foram registradas em mais de 1.000 localidades, atingindo diversas áreas de proteção ambiental, incluindo recifes de coral, marismas e manguezais. Esse evento já é reconhecido como o maior acidente ambiental ocorrido no litoral brasileiro. Pelo menos 5 mil toneladas de óleo foram retiradas em praias, manguezais e recifes de corais em 11 estados brasileiros, afetando a vida e a rotina de pescadores e comunidades que dependem do mar para sobreviver.

Dentro dos conceitos e fatos expostos, devemos refletir sobre:

Q1) Quais foram os efeitos desse derrame em relação aos aspectos socioeconômicos e da saúde da população costeira e aos aspectos ambientais (ambiente físico e biótico)?

Q2) Quais ações podem e devem ser tomadas em casos de acidentes como esse?

Respostas

Q1. Quais foram os efeitos desse derrame em relação aos aspectos socioeconômicos e da saúde da população costeira e aos aspectos ambientais (ambiente físico e biótico)?

Resposta esperada

Entre os impactos socioeconômicos de curto prazo, inclui-se a diminuição no turismo e comércio de frutos do mar e pescados nas regiões afetadas pelo óleo, causando um efeito econômico imediato para a população que vive do turismo (como pessoal de transporte, comércio e hotelaria) e da pesca (pescadores, marisqueiras e proprietários de peixarias). Além do efeito econômico para essas comunidades, existe também aquele relacionado à saúde das pessoas que participaram ativamente da remoção do óleo. Os efeitos imediatos mais sentidos, incluem: ardência nos olhos, dificuldade para respirar, alergias, tonturas e dores de cabeça. Em relação aos aspectos ambientais, os primeiros efeitos observados dizem respeito, principalmente, à morte e aparecimento de doenças em animais atingidos pelo óleo (como aves marinhas, tartarugas e peixes) e a presença de manchas de óleo endurecido em estruturas rígidas. Efeitos a médio e longo prazo ainda não foram estudados.

Respostas dadas pelos cursistas e assuntos correlatos discutidos com eles

A maioria dos cursistas relatou que um dos efeitos ocasionados por este derrame de petróleo foi a queda na produção pesqueira, bem como o medo da população de consumir peixes e mariscos contaminados, resultando em um problema socioeconômico aos pescadores e marisqueiros que tiveram redução na venda de pescados, da qual é sua única fonte de renda. Houve também queda nas atividades de turismo, estendendo os impactos socioeconômicos para a população das cidades onde esse tipo de atividade é importante, cuja situação foi agravada com a chegada da pandemia da covid-19 e os períodos de quarentena.

Outro problema relatado foi o contato que muitos moradores locais tiveram com o óleo, já que este contém compostos tóxicos em sua composição. A falta de conhecimento e de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) fez com que muitos desses moradores ficassem encobertos de óleo enquanto trabalhavam na tentativa de barrar o alastramento nas praias e manguezais atingidos. Alguns sugeriram, inclusive, o monitoramento da saúde desses moradores em longo prazo, verificando se estes apresentam sinais de intoxicação, como doenças carcinogênicas e efeitos hematotóxicos,

imunotóxicos e disfunção renal, alterações hepáticas e hormonais, irritação respiratória, transtornos mentais, especialmente quadros de depressão. Alguns cursistas ainda relataram problemas ambientais, pois muitos organismos foram contaminados.

Q2. Quais ações podem e devem ser tomadas em casos de acidentes como esse?

Resposta esperada

Por parte dos governos, a primeira medida diz respeito ao acionamento imediato do Plano Nacional de Contingência, que já inclui diversas medidas relacionadas à tomada de ações de resposta e atividades de monitoramento e acompanhamento das áreas afetadas.

Outras medidas institucionais incluem: envio de equipes técnicas especializadas para os locais do acidente, a fim de instruir a população e coordenar as ações de resposta, como a utilização de aparatos para o cerco e recolhimento do óleo, acionamento de equipes de saúde, destinação apropriada dos resíduos, divulgações oficiais de informativos e ações relacionadas ao acidente, além de iniciativas compensatórias voltadas aos grupos sociais atingidos economicamente pelo acidente.

Respostas dadas pelos cursistas e assuntos correlatos discutidos com eles

Recolhimento dos resíduos derramados e ajuda financeira às famílias afetadas pelo desastre foram as ações mais indicadas pelos cursistas. Lembrou-se também da necessidade de assistência à saúde da população atingida, tendo em vista a toxicidade do óleo a que estivera exposta. Além disso, foram citadas estratégias de enfrentamento, tais como o uso de barreiras de contenção, de polímeros sintéticos para absorção do petróleo, de técnicas de biorremediação, entre outros. Foi lembrada a necessidade de maior acesso a um Plano Nacional de Contingência, e melhor entendimento e orientação com a comunidade sobre o que fazer caso tenha contato com o óleo, inclusive não permitindo que as pessoas ajam por conta própria.

Para saber mais

Considerando a importância dos oceanos para a vida no planeta Terra, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou que, de 2021 a 2030, seria realizada a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, que hoje é mais conhecida como a Década do Oceano. (ONU, 2021) A Década do Oceano representa um período de muita importância, não apenas para as pessoas que trabalham com os oceanos, como oceanógrafos e oceanógrafas, mas também para todos que utilizam e dependem, direta ou indiretamente, dos oceanos para sua sobrevivência, lazer ou transporte. Essa iniciativa tem como objetivo aumentar as pesquisas nos oceanos, incentivando cada vez mais a preservação e gestão dos recursos naturais costeiros e marinhos, e principalmente conectando as pessoas ao nosso oceano.



Vídeo: “A Década do Oceano”.

Autoras: Ana Carolina Sala Sousa Santos, Juliana de Souza Santana, Laís de Jesus Souza e Larissa Cristina Toscano Lira de Oliveira.

Referências

ALEIXO, L. A. G.; TACHIBANA, T.-I.; CASAGRANDE, D. Poluição por óleo: formas de introdução de petróleo e derivados no ambiente. *Revista Integração: ensino, pesquisa, extensão*, São Paulo, ano 13, n. 49, p. 159-166, 2007. Disponível em: <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional-emergencias/files/documentos/publicaciones/Contaminaci%C3%B3n%20por%20oleo.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2022.

EUZEBIO, C.; RANGEL, G.; MARQUES, R. Derramamento de petróleo e seus impactos no ambiente e na saúde humana. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, Rio de Janeiro, n. 52, p. 79-98, 2019.

IBAMA. *Manchas de óleo no Litoral Brasileiro*. [Brasília, DF], 2020. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/manchasdeoleo>. Acesso em: 4 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. [Site do IBP]. Rio de Janeiro, c2021. Disponível em: www.ibp.org.br. Acesso em: 11 abr. 2022.

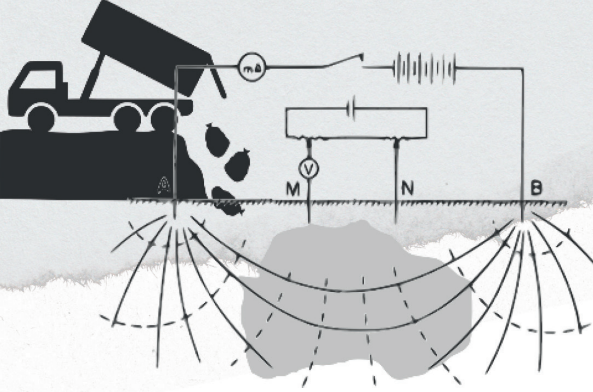
OLIVEIRA, A. H. B. et al. Hidrocarbonetos do Petróleo. In: CAVALCANTE, R. M. (org.). *Contaminantes orgânicos em ambientes aquáticos*. Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, 2020. p. 139-164. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/55985>. Acesso em: 11 abr. 2022.

ONU. *17 objetivos para transformar nosso mundo*. Brasília, DF: ONU, 2019. Disponível em: nacoesunidas.org. Acesso em: 3 dez. 2019.

ONU. *Cultura oceânica para todos: kit pedagógico*. Paris: ONU, 2020. Disponível em: https://decada.ciencianomar.mctic.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/Cultura_oceanica_para_todos.pdf. Acesso em: 11 abr. 2022.

ONU. A década da ciência oceânica. *Década da Ciência Oceânica Brasil*, Brasília, DF, 2021.

PORTO, G. E. L. Responsabilidade pela poluição marinha. *Revista CEJ*, Brasília, DF, v. 4, n. 12, p. 51-57, 2000. Disponível em: <https://revistacej.cjf.jus.br/cej/index.php/revcej/article/view/359/507>. Acesso em: 12 abr. 2022.



Geofísica: a poluição sob o olhar da geofísica

Suzan Sousa de Vasconcelos

Contextualização e aspectos gerais

Para entender melhor como a geofísica lida com essas questões, vamos partir de dois exemplos. No primeiro, imagine uma cientista que olha através de um microscópio uma amostra de rocha. Nesse contexto, o que ela vê é uma imagem formada pelo espectro de luz visível refletido pelos materiais que compõem a rocha. O que o microscópio faz é ampliar a escala dos detalhes que ela pode enxergar. Entretanto, a imagem será sempre produzida pelas cores e contrastes de sombra e brilho refletidos pela rocha, tanto a olho nu, quanto ao microscópio.

No segundo exemplo, imagine uma amostra de rocha com um veio mineralizado e rico em material ferromagnético, considerando também que essa estrutura está interna à amostra e não pode ser vista ao olho nu. Entretanto, ela pode ser detectada ao deslocar suavemente um ímã sobre as faces dessa amostra. Essa atração magnética fica mais intensa na face mais próxima ao minério e mais fraca ou ausente na face mais distante a este. Nesse segundo exemplo, estamos usando um detector, no caso o ímã, que não se baseia em propriedades que nossos olhos podem ver, mas como conhecemos o comportamento do magnetismo, conseguimos correlacionar a presença da atração magnética com a presença de minerais ferromagnéticos e a intensidade de magnetização com a proximidade deste.

A geofísica faz parte das geociências e usa equipamentos que contêm sensores sensíveis que são capazes de detectar diferentes propriedades físicas, invisíveis aos

nossos olhos, porém detectáveis, quantificáveis e descritíveis. Além disso, sua base científica concatena fortemente o conhecimento da Física de fenômenos, tais como atração/aceleração gravitacional, magnetismo, eletricidade, radioatividade e ondas elásticas para o reconhecimento e descrição de rochas, aquíferos, reservatórios de petróleo, jazidas minerais, e outras estruturas subterrâneas. O mais lindo de tudo isso é que a linguagem universal que intermedia o entendimento é a matemática.

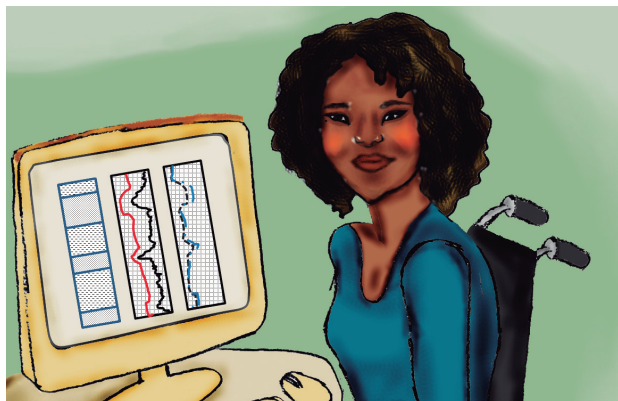
Finalmente, chegamos à frase que motivou toda essa aventura: “a poluição sob o olhar da geofísica”. Até aqui, podemos compreender que a contaminação gera uma alteração ou perturbação nas propriedades físicas do meio ambiente subterrâneo, que não existiam antes da presença dos contaminantes. Desta forma, tais poluentes geram anomalias geofísicas detectáveis e mensuráveis por equipamentos geofísicos, que possuem sensíveis sensores, capazes de coletar uma grande quantidade de dados a ser analisado através de processamentos numéricos computacionais desse banco de dados adquirido. A partir disso, busca-se a compreensão desses dados através do conhecimento das relações matemáticas que descrevem os fenômenos físicos em cada contexto de contaminação. Pensem nisso: a contaminação por materiais radioativos no solo deve gerar anomalias radioativas, enquanto que a contaminação por chorume não. Então, antes de qualquer coisa, é preciso pensar quais as alterações físicas o contaminante pode provocar neste meio.

Diga-nos qual o contaminante pode estar presente e te contaremos que método geofísico usar...

A profissional ou o profissional da geofísica saberá indicar o(s) melhor(es) método(s) geofísico(s) a ser(em) aplicado(s), apoiado (s) nas bases científicas que direcionam cada método. Ressalta-se aqui que o contaminante é um material estranho ao ambiente subterrâneo original e apresenta propriedades físicas diferentes. Por isso, o primeiro passo é descobrir qual a propriedade física contrastante e escolher o método geofísico baseado nestes princípios. Na realização do estudo geofísico, medidas serão tomadas sobre a superfície do solo utilizando equipamentos especializados e depois tais dados serão processados gerando mapas e imagens que não se parecem com fotos, mas se assemelham mais às radiografias, tomografias e ultrassonografias. Essas se tratam de medidas de propriedades invisíveis aos olhos humanos, porém detectáveis por equipamentos especializados.

Todavia, isso é só uma conotação, pois de fato tais imagens têm nomes peculiares e não são comuns no dia a dia: radargramas, sismogramas, pseudos-sesões elétricas, mapas gravimétricos e mapas magnetométricos estão entre os nomes especiais de algumas delas.

FIGURA 1 – Processamento geofísico



Após a coleta de dados e geração das imagens, será feita a “interpretação geofísico-geológica” na qual os contrastes de cores e identificação de feições serão descritos de modo a caracterizar a área contaminada. Entende-se caracterizar uma área contaminada, como identificar a localização, descrever a geometria e os seus domínios. Em outras palavras, localizar sua coordenada geográfica na superfície, volume e a zona de influência desse contaminante em subsuperfície.

Observações: 1) nem sempre se consegue caracterizar todos estes parâmetros; 2) muitas vezes usa-se mais de um método geofísico; 3) alguns projetos contam com equipe multidisciplinar e incluem análises com outros métodos que não fazem parte da geofísica, como exemplo, citamos a análise hidroquímica.

Princípios do Método da Eletrorresistividade

O método da eletrorresistividade elétrica é utilizado para investigações rasas na área ambiental e geotécnica, e é um dos mais tradicionais quando se fala em estudo de contaminação em subsuperfície e na caracterização de fatores de riscos à contaminação de aquíferos subterrâneos. A base do método é a Lei de Ohm (equação 1),

que descreve um potencial elétrico mensurável a partir da injeção de corrente no meio. (TELFORD et al., 1976)

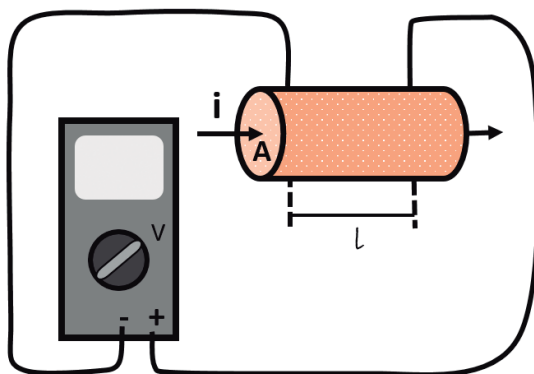
$$V=RI \quad \text{Eq. 1}$$

V em volts (V) é o potencial medido, e R em ohms (Ω) a resistência do material e I em ampères (A) a corrente injetada. Porém, no caso da geofísica, a resistividade elétrica ρ ohm metro (Ωm) é a propriedade petrofísica interpretável, desta forma:

$$R= \rho \frac{l}{A} \quad \text{Eq. 2}$$

Na equação acima, l é a distância entre os eletrodos em que se mede o potencial, e A a área da seção transversal da amostra. Um processo experimental que produz a resistividade está ilustrado a seguir.

FIGURA 2 – Esquema de medida de propriedade elétrica em amostra de rocha



No caso do levantamento de eletrorresistividade, as medidas são feitas colocando eletrodos na superfície do terreno. Um levantamento clássico consiste em um par de eletrodos para a injeção controlada de corrente e outro par de eletrodos para a medida da diferença de potencial, usando um resistímetro. O dado medido só estará pronto a ser interpretado após o processamento geofísico adequado.

Por que usar a Geofísica?

Por ser um método indireto, a geofísica pode fornecer uma grande quantidade de informações e torna possível traçar estratégias para: uso e/ou ocupação do solo de modo seguro; proteção de aquíferos subterrâneos; avaliação da permeabilidade do meio subterrâneo; avaliação do fator de risco para disseminação de contaminantes; detecção e monitoramento da evolução de pluma(s) contaminante(s); e avaliação do resultado de técnicas de remediação.

FIGURA 3 – Levantamento Geofísico de campo

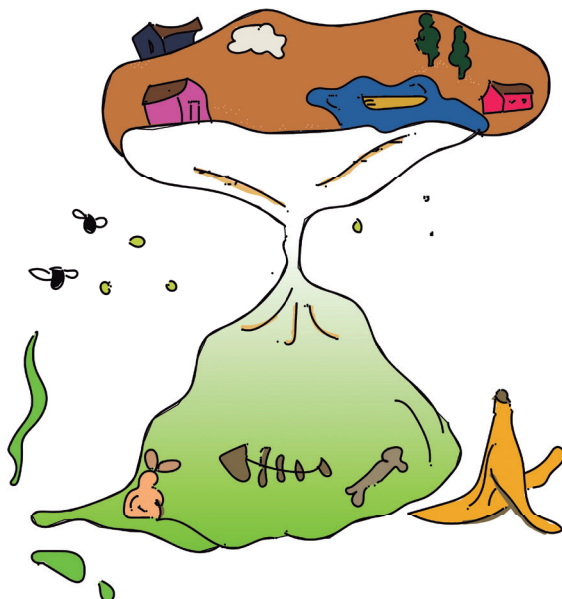


Atenção!

A geofísica é uma profissão complexa que exige grande base teórica, e não é o objetivo deste texto produzir no leitor a habilidade de indicar metodologias geofísicas, mas mostrar o pensamento geocientífico que conduz o profissional ou a profissional de geofísica a identificar um problema e formular uma proposta de abordagem.

Situação-problema: como formular um problema geofísico e propor solução?

FIGURA 4 – O lixo e a sociedade



Um aterro designado à deposição de restos de construção civil depois de anos de funcionamento precisa ser desativado para que sua área seja novamente ocupada. Porém, ao iniciar o processo de retirada dos resíduos, é detectada a presença de gás natural. No entanto, os resíduos a que ele se destinava não poderiam gerar biogás. Ao levantar suposições e arguir moradores das redondezas, descobre-se que populares depositaram irregularmente lixo doméstico no aterro durante anos. Nesse contexto, perde-se totalmente o conhecimento e controle sobre os “domínios” de resíduos no aterro, não se sabendo descrever quantas cavas existem, nem a informação geométrica destas e nem os materiais/resíduos presentes. Perguntas que podem ser feitas:

1. tem contraste para qual método geofísico?
2. que informações poderiam ser coletadas em uma visita de modo a direcionar a caracterização? É importante tomar coordenadas? Saber a topografia? Se há águas superficiais?

3. ao traçar uma ideia, que órgão(s) você comunicaria em busca de uma parceria/colaboração? A prefeitura ou uma secretaria ambiental?
4. que outras áreas de conhecimento se entrelaçam ao tema? Que outros profissionais podem trazer mais dados?

Respostas

Resposta esperada

Um(a) profissional geofísico(a) precisa ter bases de conhecimento sólido e a sensibilidade para reconhecer fatores de risco ambientais e geotécnicos. Além disso, precisa reconhecer as limitações dos métodos geofísicos, além das suas aplicações. Saber levantar informações locais pode estar relacionado tanto à busca por órgãos governamentais, quanto à entrevista a moradores, coletivos, representantes comunitários ou populações tradicionais.

Algumas possíveis respostas

Propor um estudo aplicado utilizando levantamentos na superfície do solo que tornem possível descrever quantas cavas existem no terreno a ser estudado, a geometria e os materiais/resíduos presentes.

1. contraste de resistividade para a presença de chorume (baixa resistividade) e gás (alta resistividade) e de magnetização (alta susceptibilidade magnética de metais). Indicação de método da eletrorresistividade e da magnetometria;
2. coordenadas geográficas e topografia são essenciais para a indicação da posição dos volumes identificados (em planta e em profundidade). A caracterização das águas subterrâneas é importante para identificar se há risco de contaminação deste aquífero;
3. prefeituras e secretarias municipais são as instâncias de governo mais próximas e que podem ser bons parceiros no planejamento de uma ação de interesse ambiental coletivo;
4. outros profissionais das geociências, tais como geógrafos(as) e geólogos(as), além de engenheiros(as) ambientais, são profissionais que têm interrelação com estudos de áreas contaminadas.

Respostas dadas pelos cursistas e assuntos correlatos discutidos com eles

Ao aplicarem a técnica de elaboração de proposição geofísica, foram apresentadas as seguintes questões para reflexão:

1. quais os impactos advindos do despejo dos resíduos humanos no lixão do município de Luís Eduardo Magalhães para o solo, a água e a saúde da população que utiliza a água e não tem rede de saneamento básico de esgoto, bem como, um aterro sanitário para o despejo dos resíduos?
2. quais alternativas para utilização da água do aquífero, tanto para o consumo humano, quanto para o uso na agricultura e na pecuária?
3. os aquíferos podem vir a secar com a exploração descontrolada?
4. o aterro de Camaçari está localizado em um lugar correto?
5. é preciso que a comunidade cobre mais clareza sobre os métodos adotados?
6. precisa de maiores investimentos?

Referências

ERNESTO, M.; USSAMI, N. *Introdução à geofísica*: apostila da disciplina AGG0115. Colaboração de Eder C. Molina, Leila S. Marques, Gabriela Slavece e Emerson A. da Silva. [São Paulo]: Departamento de Geofísica da USP, 2002. Disponível em: https://www.iag.usp.br/~eder/apostila/00_Introducao_a_Geofisica_IAG_USP.pdf.

Acesso em: 1 abr. 2022.

GOUVÊA, J. L.; SILVA, L. M. C. e. *Geofísica de prospecção*. Belém: EdUFPA, 1995. v. 1.

LIMA, O. A. L. *Propriedades Físicas das Rochas*: bases da geofísica aplicada. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2014.

MARCO Legal do Saneamento completa um ano. *Gov.br*, [Brasília, DF], 15 jul. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2021/07/marco-legal-do-saneamento-completa-um-ano#:~:text=A%20meta%20do%20Governo%20Federal,manejo%20de%20res%C3%ADuos%20s%C3%B3lidos%20urbanos>. Acesso em: 1 abr. 2022.

TAVARES, S. R. L. Técnicas de remediação. In: TAVARES, S. R. L. *Remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados*: conceitos básicos e fundamentos. Joinville: Clube de Autores, 2013. v. 2. p. 61-90.

TELFORD, W. M. et al. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.



Geografia: contaminação por agrotóxicos

Maria Eloisa Cardoso da Rosa

Contextualização e aspectos gerais

A adoção de um modelo de produção agrícola predominantemente concentrador de terra, explorador de grandes áreas notadamente com monocultura, dependente de agroquímicos, insustentável ao longo do tempo e, cuja produção, destina-se prioritariamente à exportação, desencadeou o uso crescente e indiscriminado de agrotóxicos, que são aplicados às culturas e podem chegar ao solo, contaminando-o. A depender das suas características, estes ainda podem atingir os ecossistemas, os alimentos e repercutir na saúde humana.

O tema “contaminação por agrotóxico”, aqui tratado, foi sugerido pelas(os) cursistas em edições anteriores do projeto Geoarretadas, como um tema de interesse, sobretudo, daquelas(es) que vivem e atuam profissionalmente em municípios do interior da Bahia e que naturalmente mantêm uma relação de maior proximidade com o meio rural. Esta cartilha, longe de intentar esgotar o tema, traz alguns conceitos, dados históricos e disponibiliza material para a reflexão sobre a importância dessa discussão para a vida das pessoas e de suas comunidades. Ela carrega o desejo de que ações locais, que reflitam os anseios dos envolvidos, possam vir à tona, sejam discutidas, aprimoradas e adotadas no intuito de amenizar os problemas decorrentes do uso dos agrotóxicos.

O termo “agrotóxico” foi definido em julho 1989, pela Lei nº 7802 (BRASIL, 1989), substituindo termos como: defensivos agrícolas, pesticidas, produtos fitossanitários, biocidas, remédios, que parecem propositadamente usados na intenção de amenizar o impacto que os produtos causam ao ambiente e ao ser humano.

Esses produtos, uma vez utilizados, podem seguir muitos caminhos como serem absorvidos pelas plantas e removidos pelos cultivos, volatilizados, adsorvidos pelos coloides orgânicos e minerais, lixiviados e escoados superficialmente, e, por alguns desses caminhos, chegar até o homem.

O processo produtivo agrícola tem utilizado agrotóxicos para as várias finalidades a que ele se propõe e esses produtos, além do princípio ativo tóxico, contêm elementos potencialmente poluidores, como elementos-traço e outros. (COSTA et al., 2010)

Também, podem apresentar um amplo espectro quelante de macro e micronutrientes como o Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn, podendo afetar a função de numerosas enzimas do solo que são essenciais à dinâmica do solo. (SEBIOMO et al., 2012 apud MIRANDA; MELO; ARAÚJO, 2017) Para Miranda, Melo e Araújo (2017), citando Hayat e demais autores (2010), as características quelantes dessas substâncias tóxicas refletem na microbiota do solo e conseqüentemente nas plantas, dado a relação simbiótica entre esses organismos que ao ligarem-se com algumas substâncias inorgânicas presentes num dado solo, tornam-nas indisponíveis para fungos e raízes o que pode refletir na biodiversidade dos microrganismos, com impactos nos ciclos biogeoquímicos e na ciclagem da matéria orgânica. (MIRANDA; MELO; ARAÚJO, 2017)

Uma vez que esses produtos cheguem ao solo, algumas características morfológicas como textura, estrutura, profundidade e porosidade, bem como características mineralógicas e químicas que se relacionem com o seu potencial de adsorção, deveriam ser considerados para determinar a capacidade de armazenamento e permeabilidade do solo, com vistas a uma análise de possível contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Dada a grande diversidade de solos no Brasil, essa não é uma tarefa fácil. Rebelo e Caldas (2014) esclarecem que apesar do Brasil possuir um arcabouço legal que prevê a avaliação de risco ambiental no processo de registro de agrotóxicos, isso não foi implementado sistematicamente pelo IBAMA, uma vez que o avanço deste procedimento ainda apresenta uma série de limitações, principalmente devido à larga extensão territorial do país, diversidade edafoclimática e biodiversidade.

Em função de suas características e propriedades, os solos apresentam grande capacidade de decomposição ou inativação de substâncias potencialmente prejudiciais ao meio ambiente, sendo muitas vezes utilizado como o local de descarte ou reciclagem de materiais poluentes. Porém, ele não poderá exercer esse papel indefinidamente e, para Rebelo e Caldas (2014) citando Camargo

(2007), com o passar do tempo, estas transformações são quase sempre irreversíveis e os danos causados ao meio ambiente são de difícil recuperação.

Os agrotóxicos de uso agrícola utilizados na produção, armazenamento e beneficiamento de alimentos, podem ser adicionados ao solo, às sementes ou pulverizados nas plantas, com intuito de controlar pragas e doenças dos plantios, o que pode desencadear processos que impactam a biodiversidade, causando efeitos indesejáveis à saúde do solo e à saúde humana. (BRASIL, 2008)

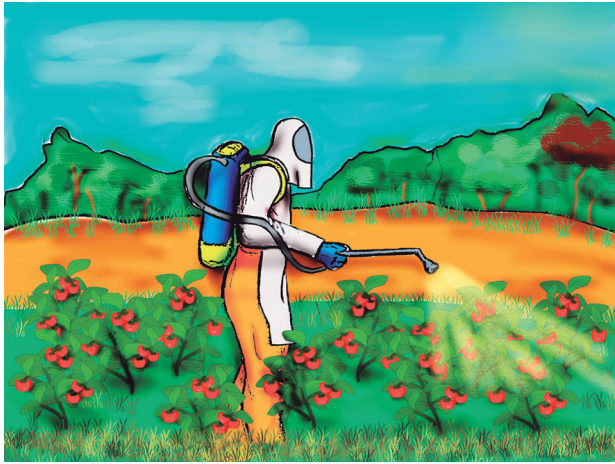
Para Dores e De-Lamonica-Freire (2001), embora a porcentagem dos produtos utilizados na agricultura e que atingem as águas subterrâneas seja pequeno, produtos que apresentam alta mobilidade no solo podem ser detectados em águas superficiais e subterrâneas.

Para o Inca (2015), esses produtos químicos sintéticos, usados no ambiente rural e urbano, podem causar efeitos negativos à vida humana. Em março de 2015, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (Iarc) publicou um trabalho de uma equipe de pesquisadores de onze países, entre eles o Brasil, em que após a avaliação da carcinogenicidade de cinco ingredientes ativos de agrotóxicos, um herbicida e um inseticida foram apontados como prováveis agentes carcinogênicos para humanos (Grupo 2A) e, mais dois inseticidas, como possíveis agentes carcinogênicos para humanos (Grupo 2B). Vale ressaltar que tanto o herbicida quanto os inseticidas avaliados são autorizados e amplamente usados no Brasil.

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) afirma que os agrotóxicos causam 70 mil intoxicações agudas e crônicas por ano e que evoluem para óbito, em países em desenvolvimento. Mais de sete milhões de casos de doenças agudas e crônicas não fatais também são registrados. O Brasil vem sendo o país com maior consumo destes produtos, desde 2008, decorrente do desenvolvimento do agronegócio. Há sérios problemas quanto ao uso desses produtos no país, como a permissão do uso de alguns que já foram banidos em outros países, e a venda ilegal de outros que já foram proibidos no Brasil. (CARNEIRO et al., 2015b)

As intoxicações agudas por agrotóxicos são as mais conhecidas e afetam, principalmente, as pessoas expostas em seu ambiente de trabalho, onde ocorre a exposição ocupacional (Figura 1). Nesses casos, os sintomas mais comuns são irritação da pele e olhos, cólicas, vômitos, diarreias, espasmos, dificuldades respiratórias, convulsões e morte.

FIGURA 1 – Exposição ocupacional



Já as intoxicações crônicas podem afetar toda a população, pois são decorrentes da exposição múltipla aos agrotóxicos, isto é, da presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos e no ambiente, geralmente em doses mais baixas (Figura 2). Os efeitos adversos decorrentes da exposição crônica, podem aparecer muito tempo depois da exposição, dificultando a correlação com o agente. Dentre os efeitos associados à exposição crônica, podem ser citados: infertilidade, impotência, abortos, malformações, neurotoxicidade, desregulação hormonal, efeitos sobre o sistema imunológico e câncer. (INCA, 2015)

FIGURA 2 – Intoxicações crônicas



Entre os agrotóxicos largamente utilizados, e que causam impactos para o organismo humano, estão os inseticidas e herbicidas. Dentre os inseticidas, os organoclorados podem permanecer no por ambiente mais de 100 anos; já os organofosforados causam efeitos fisiológicos no corpo, que levam um mês para desaparecer, e podem até ocasionar reações esquizofrênicas. (CARNEIRO et al., 2015a)

No Brasil, esses produtos são utilizados e comercializados em quase toda a sua extensão. Em levantamento realizado pelo Sindag/Sindiveg e elaborado e divulgado pelo site da Campanha permanente contra os agrotóxicos e pela vida,¹ os números chamam a atenção. De 2000 até 2014, houve um crescimento nas vendas do produto comercial de 313.824 para 914.220 toneladas, o que representa um crescimento acumulado de 388% e que proporcionou um faturamento para a indústria de agrotóxico na casa de U\$ 12 bilhões.

Desde 2008, o Brasil assumiu o posto de maior mercado mundial de agrotóxicos, superando os Estados Unidos. Esse comércio é controlado por algumas multinacionais que detêm grande poder político e econômico sobre o Estado. (ALTIERI, 2012; PINHEIRO, 1998) Somente cinco corporações dominam aproximadamente 95% das vendas globais de agrotóxicos. (PLOEG, 2008 apud BORSATO, 2020)

Para o Nordeste, o trabalho de Bombardi (2017) mostra que a quantidade de agrotóxico utilizada por unidade da federação no período de 2012 a 2014, foi de 54.976 t para a Bahia, 17.408 t para o Maranhão, 10.726 t para o Piauí, seguidos do Ceará com 3.078 t e do Rio Grande do Norte com 962 t. Esse trabalho demonstra o quanto o uso de agrotóxico está difundido no Nordeste. Neste mesmo levantamento, Bombardi (2017) destaca que, na Bahia, os municípios de Malhada, Matina, Candiba, Guanambi e Rodelas foram os que apresentaram maior número de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos em relação ao total de estabelecimentos do município. Para estes locais, o cultivo de feijão nos municípios de Malhada e Matina, os cultivos de sorgo, milho, feijão e algodão em Guanambi e Candiba, e o cultivo de frutas como o coco, mamão, manga e goiaba em Rodelas parecem ser os responsáveis pela ampla utilização desses produtos tóxicos.

1 Ver em: <https://contraosagrototoxicos.org/>.

Situação problema: uso de agrotóxicos e suas implicações

Ao grupo de professoras e professores foram apresentados esses dados e uma vasta quantidade de material bibliográfico para consulta. Algumas questões como a implicação do uso do agrotóxico para o solo, a água, os alimentos e a saúde humana foram amplamente discutidas por ocasião dos encontros síncronos.

Assim, foram feitas as seguintes questões:

Q1: essa situação atinge você e sua comunidade?

Q2: quais seriam as alternativas para amenizar o problema?"

Respostas

Q1: essa situação atinge você e sua comunidade?

Resposta esperada

Esperava-se que ao refletir sobre as suas realidades locais, as(os) professoras(es) pudessem expor as suas percepções sobre como esses produtos tóxicos têm chegado a eles(as) por várias vias, seja pelo consumo de alimentos importados dos quais não se tem conhecimento sobre a sua origem, ou aqueles produzidos localmente com a utilização desses produtos, ou pelo consumo de água contaminada ou até pelas pulverizações locais de agrotóxicos.

Respostas dadas pelos cursistas nos assuntos correlatos discutidos com eles:

- a. *sobre a contaminação de alimentos e sistema de produção:* a totalidade desse grupo de professoras(es) apontou que de alguma forma os alimentos são produzidos com agrotóxico; parte deles associou os alimentos contaminados a aqueles produzidos fora do município. Outros ligaram a produção com agrotóxico aos grandes produtores ou grandes empresas, e uma pequena parcela associou também a produção com agrotóxico à agricultura irrigada, tendo sido apontado que é raro encontrar produtos orgânicos e, quando encontram, esses são com valor elevado;

- b. *sobre a contaminação do solo, da água e do ar:* parte do grupo de professores(as) respondeu que o solo se apresenta contaminado, mas destacaram que a água que chega às casas e/ou as águas dos rios estão comprometidas com esses produtos, sendo levantado que a água subterrânea se encontra também nessa condição. Ainda relataram que o ar está contaminado, pois o cheiro de agrotóxico é sentido pela população de alguns dos municípios;
- c. *sobre a saúde humana:* uma parcela considerável das(os) cursistas julgou que a saúde humana é afetada pelos agrotóxicos, ganhando destaque a questão dos trabalhadores rurais e de seus filhos que têm contato direto com esses produtos e relatam em sala de aula que os principais sintomas sentidos por eles, seus familiares e pela população como um todo, são: dores de cabeça e ardência nos olhos. Também foi relatado casos de câncer, nódulos diversos, problemas na tireoide, nos rins e nos ossos evidenciados em alguns municípios, podendo esses sintomas terem suas origens na exposição e/ou contaminação por agrotóxico.

Q2: quais seriam as alternativas para amenizar o problema?

Resposta esperada

Esperava-se que de posse dos materiais disponibilizados e das discussões promovidas, houvesse plena consciência da existência de outros sistemas de produção, condizentes com a preservação do meio ambiente e que são economicamente viáveis e socialmente justos. Que a comunidade consciente, pode se organizar para agir e cobrar dos órgãos responsáveis, medidas que amenizem os problemas.

Respostas dadas pelos cursistas e assuntos correlatos discutidos com eles

As respostas convergiram para adoção de sistemas de produção familiares, da agricultura orgânica e/ou agroecológica e/ou permacultura. Considerando esses sistemas de produção, as demais respostas foram agrupadas em cinco eixos principais:

- a. *sobre o manejo cultural,* foram levantadas como boas práticas: manter o solo coberto; uso de sementes orgânicas; uso de fertilizantes produzidos no local (esterco, restos de cultura e de cascas de frutas e hor-

- taliças); rotação de culturas; poli cultivo; uso de leguminosas, controle alternativo de pragas com produtos naturais;
- b. sobre a organização da produção orgânica: associar-se em torno de cooperativas de produção; incentivo às feiras de produtores; (Figura 3) incentivo a parcerias entre escolas e produtores; desenvolvimento de projetos em escolas/hortas escolares; atrelar a produção orgânica do município à merenda escolar; hortas comunitárias; utilização de espaço público para a produção;
 - c. sobre financiamento/ investimento e estímulo: destinados à produção orgânica e/ou agroecológica e/ou permacultura; baixar o custo de produção e do produto que são normalmente mais caros; crédito para pequenos agricultores e feiras de produtos orgânicos; melhor divulgação das feiras;
 - d. sobre hábitos alimentares: investir em educação alimentar incentivando a mudança de hábito para o consumo de alimentos orgânicos, não processados, que são produzidos sem agressão ao meio ambiente, respeitando a época da produção, valorizando e conhecendo as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs);
 - e. sobre outros temas, foram abordados nas respostas: a valorização do saber popular em parceria com o saber acadêmico; o incentivo a divulgação de projetos bem sucedidos; a fiscalização intensa em pontos de vendas de produtos proibidos em outros países e que são comercializados no Brasil; e o incentivo à formação técnica sobre a produção sem agrotóxico.

FIGURA 3 – Pequeno agricultor vendendo grãos na feira



Algumas das questões levantadas pelas(os) professoras(es) em suas respostas apontam em suas percepções, que uma produção em grande escala no meio rural, adotando esse modelo dependente de agroquímicos, leva a uma série de problemas de ordem ambiental, social e econômica. Se contrapondo a isso uma produção em pequena escala, onde alimentos são obtidos sem comprometimento de sua qualidade e em sistemas de cultivo cuja manutenção e a integridade dos ecossistemas são possíveis, podem ser respaldadas amplamente na literatura indicada nesta cartilha. (ALTIERI, 2010) Também encontram respaldo na literatura indicada, as definições de termos utilizados pelas(os) professoras(es) como, por exemplo, o termo “Agroecologia” e suas dimensões ecológica, econômica, social, cultural, política e ética e a relação de interdependência entre o sistema social e o sistema ecológico, que valorizem produções locais mais adaptados aos distintos ecossistemas (CAPORAL; COSTABEBER, 2002; EMBRAPA, 2006) e os saberes populares. (LEFT, 2002)

Durante as discussões, assuntos levantados pelos cursistas trouxeram uma variedade de termos que podem ser respaldados e aprofundados em artigos como os de Dourado (2021), que traz um estudo de caso em que questões como o “bem viver” e “agroecologia” estão em sintonia no campo, e os de Borsato (2020), que trata das produções dependentes das grandes corporações. Ainda, sobre as feiras agroecológicas, o mapa da BAHATER (2017) aponta o número de feiras que acontecem por município no estado da Bahia.

Referências

- ALTIERI, M. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. *Revista NERA*, Presidente Prudente, ano 13, n. 16, p. 22-32, 2010.
- ALTIERI, M. *Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável*. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- BAHIATER. *Levantamento de feiras com alimentos saudáveis da agricultura familiar*. [Salvador]: BAHATER, 2017.
- BOMBARDI, L. M. *Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Européia*. São Paulo: FFLCH/USP, 2017.
- BORSATO, R. S. *Agroecologia e a construção de um sistema alimentar contra hegemônicos*. São Carlos, 2020, Working paper produzido para o ciclo de formação do NEA UFSCar.

BRASIL. Lei nº 7802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, e inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 11459, 12 jul. 1989.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia Alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2008.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da agroecologia. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 70-85, 2002.

CARNEIRO, F. F. et al. (org.). *Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde*. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, 2015a.

CARNEIRO, F. F. et al. Segurança Alimentar e nutricional e saúde. Parte 1. *In*: CARNEIRO, F. F. (org.). *Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde*. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, 2015b. p. 46-87. Disponível em: https://www.abrasco.org.br/dossieagrototoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf. Acesso em: 15 ago. 2017.

COSTA, C. N. et al. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. *In*: MEURER, E. J. (ed.). *Fundamentos de química do solo*. 4. ed. Porto Alegre: EVANGRAF, 2010. p. 197-232.

DORES, E. F. G de C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise Preliminar. *Química Nova*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

DOURADO, N. P. Territorialidade Camponesa e o em viver agroecológico: o caso do assentamento Contestado em Lapa, Paraná. *CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária*, Uberlândia, v. 16, n. 41, p. 212-241, 2021.

EMBRAPA. *Marco referencial em agroecologia*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

INCA. *Posicionamento do Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva acerca dos agrotóxicos*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2015.

LEFT, E. Agroecologia e saber ambiental. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 36-51, 2002.

MIRANDA, A. A. C. de; MELO, L. F.; ARAÚJO, A. E. de. *Impactos dos agrotóxicos na saúde do solo e humana: uma revisão*, 2017. Trabalho apresentado no II Congresso Internacional das Ciências Agrárias, Natal, 2017.

PINHEIRO, S.; NASR, N. T.; LUZ, D. *Agricultura ecológica e a máfia dos agrotóxicos no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Edição dos Autores, 1998.

REBELO, R. M.; CALDAS, E. D. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. *Química Nova*, São Paulo, v. 37, n. 7, p. 1199-1208, 2014.

Glossário

Agrotóxico: são os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, sendo incluído na definição as substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Anomalias geofísicas: ao avaliar uma imagem gerada por dados geofísicos, é possível que sejam identificados horizontes contínuos, que podem ser interpretados como camadas de rocha. Uma variação brusca dentro de um destes horizontes caracterizaria então o que chamamos de anomalia geofísica. Essa variação brusca indica uma mudança nas propriedades físicas das rochas, podendo indicar uma fratura, intrusão, mineralização ou outro tipo de alteração na rocha.

Contaminação: lançamento, pelo homem, de organismos (patogênicos ou não), energia (como sonora e térmica) ou de elementos e compostos no meio ambiente.

Estéril: material descartado diretamente na operação de lavra, sem ser processado na usina de beneficiamento. Esse material pode ser solo ou rocha em que o minério está ausente ou presente em teores muito baixos para ser aproveitado economicamente.

Ferromagnetismo: em função da facilidade ou dificuldade com que os materiais se magnetizam, os minerais formadores de rochas podem ser classificados em diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos. Os minerais ferromagnéticos são os mais importantes em termos de intensidade magnética e ocorrem na forma de óxidos de ferro e ferro-titânio (magnetita, maghemita, hematita, ilmenita, rutilo e titano-magnetita). São também importantes os hidróxidos e sulfetos de ferro (goetita, pirita, calcopirita e pirrotita).

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos: compostos formados por dois ou mais anéis benzênicos condensados, cujo principal meio de introdução aos ambientes naturais está relacionado às atividades humanas, como queima de matéria orgânica e derrames (acidentais ou não) de petróleo e seus derivados. A maioria de suas moléculas apresenta propriedades tóxicas.

Interpretação geofísico-geológica: consiste em reunir toda a base de dados geofísicos, mapas, análises numéricas ou gráficas e imagens, gerada a partir dos dados adquiridos e produzir uma descrição de estruturas e feições geológicas através de um reconhecimento do comportamento físico e geométrico destas.

Metais e metaloides no petróleo: elementos como Ni, V, Fe, Pb, Hg, Cd etc. Esses ocorrem naturalmente no óleo, ou podem ser adicionados no seu processamento como aditivos. Eles, apesar de se encontrarem em baixas concentrações no petróleo, podem possuir propriedades tóxicas.

Método eletrorresistivo/eletrorresistividade: medida do potencial elétrico resultante da propagação de corrente elétrica em um meio. Como o comportamento da corrente depende da resistividade elétrica do meio, é possível inferir que variações nessa propriedade indiquem variações no meio subterrâneo/na rocha.

Métodos geofísicos: metodologia da geofísica baseada no estudo de um tipo diferente de campo ou propriedade física.

Método gravimétrico/gravimetria: medidas de variações da aceleração da gravidade, resultante de mudanças de massa específica na subsuperfície.

Método magnético/magnetometria: medidas de componentes do campo magnético da Terra. As medidas são resultantes da soma do campo geomagnético e da presença de materiais ferromagnéticos na crosta. A separação dos efeitos e interpretação geofísica das anomalias é usada na prospecção mineral.

Método sísmico/sísmica: medida da velocidade de propagação de ondas elásticas no meio subterrâneo. Mudanças bruscas na velocidade podem ser interpretadas como estruturas geológicas. Este método é amplamente usado na exploração de petróleo.

Mineração: extração e beneficiamento de minerais que se encontram em estado natural (sólido, líquido e gasoso) para uso comercial/industrial. Nessas atividades, estão incluídas as atividades de exploração em minas subterrâneas e de superfície (ditas a céu aberto), as pedreiras e os poços, assim como, todas as atividades complementares para preparar e beneficiar minérios em geral, na condição de torná-los comercializáveis, sem provocar alteração, em caráter irreversível, na sua condição primária.

Minérios: minerais ou uma associação de minerais (rocha) que têm importância econômica e é tecnologicamente viável para extração. Assim, um mineral pode, durante determinado período e em função de conjunturas sociais e culturais, tornar-se um minério, podendo em seguida, desde que substituído por outros produtos naturais ou sintéticos, perder a sua importância econômica e voltar a ser um simples mineral.

Passivo ambiental: obrigação adquirida pela empresa de beneficiamento em decorrência de ações anteriores ou presentes, que provocaram ou provocam danos ao meio ambiente ou a terceiros. Esta pode se dar tanto de forma voluntária como involuntária. A empresa deverá indenizar quem foi danificado através da entrega de benefícios econômicos ou prestação de serviços em um momento futuro.

Petróleo: substância líquida homogênea natural, inflamável, oleosa e insolúvel em água formada através da lenta degradação da matéria orgânica acumulada há milhões de anos em ambientes propícios à sua formação e acumulação. É formado principalmente por hidrocarbonetos, também tendo em sua composição a presença de metais e metalóides, e compostos orgânicos que possuem átomos de nitrogênio, oxigênio e enxofre.

Pluma contaminante ou pluma de contaminação: volume de rocha e/ou sedimentos saturados de fluido, estranho ao ambiente subterrâneo, que provoca a contaminação do meio, tal como chorume, hidrocarbonetos provenientes de vazamento de tanques de combustíveis, rejeitos químicos ou de minério. A presença desse agente contaminante altera as propriedades do meio tornando possível detectar e descrever a pluma através de métodos geofísicos.

Poluição: quando a contaminação atinge níveis que causam efeitos negativos ao ser humano e aos organismos, ela é definida como poluição. Esses efeitos incluem prejuízo aos recursos vivos; prejuízo à saúde humana; dificuldade das atividades marítimas, inclusive a pesca; impedimento da utilização da água para os fins adequados e redução das amenidades.

Rejeitos: porção associada ao minério descartada durante e/ou após o processo de beneficiamento. Esse material consiste em substâncias que sobram do processo de beneficiamento do minério, que não é aproveitado economicamente, após passar por processo de beneficiamento.

Remediação: intervenção humana baseada em conhecimentos físicos, químicos e outras disciplinas, para a recuperação de uma área contaminada. Existem diferentes técnicas e a escolha da mais adequada depende do tipo de contaminante.

Sobre as autoras

Ana Cecília Rizzatti de Albergaria-Barbosa

Possui bacharelado em Oceanografia pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP). É mestre e doutora em Oceanografia Química e Geológica pelo mesmo Instituto (2009 e 2013, respectivamente). Atualmente é professora adjunta do Departamento de Oceanografia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Tem experiência na área de Oceanografia Química, atuando em temas como geoquímica e paleoceanografia. No Geoarretadas, busca trazer estes temas de maneira simplificada, abordando temas como a atuação do Brasil na Antártica, impactos da poluição por petróleo e contaminação de ambientes costeiros e marinhos.

Elis Maltez dos Santos Oliveira

Estudante de graduação em Geografia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Faz parte da equipe do Geoarretadas desde 2020 e foi bolsista de extensão no projeto em 2021-2022 através do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Extensão (PIBIEX) da Pró-Reitoria de Extensão (PROEXT/UFBA).

Jailma Santos de Souza de Oliveira

Geóloga pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre e doutora em Petrologia, Metalogênese e Exploração Mineral pelo Instituto de Geociência (IGEO/UFBA). Desde 2014 é professora do Departamento de Geologia e do Programa de Pós-Graduação em Geologia (IGEO/UFBA) e como pesquisadora participa de projetos voltados ao mapeamento de rochas cristalinas e sua evolução na crosta continental nos estados da Bahia e Sergipe. Atua no Geoarretadas divulgando os

conceitos básicos da Geologia, além de discutir sobre a participação/contribuição do conhecimento geológico para o desenvolvimento da sociedade moderna, busca auxiliar no entendimento de como a paisagem se modifica com a ação dos processos naturais e antropogênicos.

Maíra Guimarães Lopes

Estudante de graduação em Geologia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Faz parte da equipe do Geoarretadas desde 2021 e foi bolsista no projeto em 2021-2022 através do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Extensão (PIBIX) da Pró-Reitoria de Extensão (PROEXT/UFBA).

Maria Eloisa Cardoso da Rosa

Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atualmente é professora associada I da Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, atuando na área de Pedologia. Tem experiência em gênese, morfologia e classificação dos solos. Tem interesse em Agroecologia. Atua no Geoarretadas desde 2019 tratando de assuntos relacionados à área de Geografia, como solos da Bahia, uso de agrotóxicos e intermediando outros assuntos como cartografia e geopolítica, entre outros.

Rafaela Santos Chaves

Licenciada em Ciências Biológicas e mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia (UFBA), onde atualmente cursa o doutorado. Tem experiência na área de Ensino de Ciências e Geociências, com ênfase em ensino de Paleontologia e desenvolvimento de recursos e inovações educacionais. É professora efetiva do estado da Bahia e colaboradora do Programa Social de Educação, Vocação e Divulgação Científica na Bahia - Ciência, Arte & Magia (UFBA). No Geoarretadas, atua na organização das atividades, estabelecimento de parcerias e produção de recursos didáticos.

Simone Souza de Moraes

Graduada em Ciências Biológicas e mestre e doutora em Geologia. Professora de Paleontologia do Departamento de Oceanografia e do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (POSPETRO) do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (IGEO/UFBA). Desenvolve projetos de pesquisa na área de Micropaleontologia e projetos de pesquisa/extensão para abordagem de Paleontologia no Ensino Básico. No Geoarretadas, estabelece parcerias, organiza as atividades e busca compartilhar o conhecimento acadêmico das Geociências em linguagem acessível à comunidade escolar.

Suzan Sousa de Vasconcelos

Possui licenciatura plena em Matemática pela Universidade Federal do Pará (UFPA), mestrado em Geofísica na área de concentração de Gravimetria e Magnetometria UFPA. Bacharelado em Enfermagem pela Universidade Estadual do Pará (UEPA). Doutora em Geofísica pela Universidade de São Paulo (USP) na área de métodos elétricos, tendo como área de atuação Inversão de dados de Potencial Espontâneo e Modelagem de fluxo de água no meio poroso. Atualmente é professora adjunta no Departamento de Geofísica do Instituto de Geociências (IGEO/UFBA) e pesquisadora no Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA). No Geoarretadas, colabora na produção e organização de conteúdos, cursos e debates na área de geofísica desde 2020.

Tatiane Combi

Oceanógrafa pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), mestra em Sistemas Costeiros e Oceânicos pela UFPR (2012) e doutora em Ciências Ambientais pela Universidade de Bolonha (2016). Desde 2018 é professora do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (POSPETRO). No Geoarretadas, busca aproximar seu tema de pesquisa (poluição marinha) à realidade das pessoas participantes do projeto, sensibilizando e trazendo informações relacionadas à importância dos oceanos na vida de todos, todas e todes nós, mesmo para quem vive longe do mar!

Formato: 16 x 23 cm

Fonte: Bosk, Fira sans

Capa: Papel Couché Fosco 210 g/m²

Miolo: Papel Couché Fosco 150 g/m²

Impressão: Qualigraf

Tiragem: 1.000 exemplares

A cartilha tem como tema central a poluição ambiental, abordada a partir das quatro grandes áreas das Geociências (Geografia, Geologia, Oceanografia e Geofísica) e foi produzida após a realização do curso de extensão “Geoarretadas: geociências no Ensino Básico da Bahia”, trazendo em primeira mão um relato da experiência do Projeto Geoarretadas na formação de docentes do ensino médio utilizando o método de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ou PBL, sigla oriunda do inglês *Problem Based Learning*.

GOVERNO DO ESTADO



SECRETARIA
DA EDUCAÇÃO

GT4.0
DERRAMES
DE ÓLEO



PROEXT



inct **AmbTropic II**



ISBN 978-65-5631-122-7



9 786556 311227