

Explorando a Geodiversidade do Baixo Rio Doce: aspectos geológicos e geomorfológicos dos ambientes fluviomarinhos

EXPLORING THE GEODIVERSITY OF THE LOWER DOCE RIVER: GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL ASPECTS OF FLUVIO-MARINE ENVIRONMENTS

THIAGO DE ALCÂNTARA CAPAZ¹, BIANCA PEREIRA DAS NEVES², CARLOS ROBERTO PIRES CAMPOS³

1 - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, MESTRANDO, VILA VELHA, ES, BRASIL.

2 - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, DOUTORANDA, VILA VELHA, ES, BRASIL.

3 - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, PhD, VILA VELHA, ES, BRASIL.

E-MAIL: TDEALCANTARA@GMAIL.COM, BIANCAPEREIRANEVES@GMAIL.COM, CARLOSPIRESCAMPOS@GMAIL.COM

Abstract: Introduction. The study explores geoscientific themes in non-formal spaces in the Lower Rio Doce, in the Capixaba territory. **Objective.** The research sought to identify the potential of educational spaces in the Lower Rio Doce and how these can be used as a reference for field classes in geosciences through the implementation of pedagogical intervention practices in Basic Education, from an interdisciplinary perspective. **Methodology.** The research is qualitative in nature, of the case study type, and the strategy adopted for data collection was participant observation, carried out during field classes in the Lower Rio Doce, by the elective subjects of the Graduate Program in Science and Mathematics Education (Educimat) of the Federal Institute of Espírito Santo (IFES). **Results.** The participants made a recognition of the geological and geomorphological processes of the Rio Doce, and, in parallel, the intervention tools were improved during the field activities, corroborating the identification of the educational potential of non-formal spaces. **Conclusion.** With a view to scientific dissemination, we recognize that such practices can be replicated and adapted to all levels of Basic Education.

Resumo: Introdução. O trabalho explora temas geocientíficos em espaços não formais do Baixo Rio Doce, em território Capixaba. **Objetivo.** A pesquisa buscou identificar as potencialidades dos espaços educativos do Baixo Rio Doce e como estes podem ser utilizados como referência para aulas de campo em geociências a partir da implementação de práticas de intervenção pedagógica na Educação Básica, sob a ótica interdisciplinar. **Metodologia.** A pesquisa é de natureza qualitativa, do tipo estudo de caso. A estratégia adotada para coleta de dados foi a observação participante, realizada durante as aulas de campo no Baixo Rio Doce, pelas disciplinas optativas do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (Educimat) do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). **Resultados.** Observou-se o reconhecimento dos processos geológicos e geomorfológicos do Rio Doce e, em paralelo, foram aperfeiçoados os instrumentos de intervenção durante as atividades de campo, confirmando o apontamento das potencialidades educativas dos espaços não formais. **Conclusão.** Com vistas à divulgação científica, reconhecemos que tais práticas podem ser replicadas e adaptadas para todos os níveis da Educação Básica.

Citation/Citação: Capaz, T. A., Neves, B. P. das, & Campos, C. R. P. (2023). Explorando a Geodiversidade do Baixo Rio Doce: aspectos geológicos e geomorfológicos dos ambientes fluviomarinhos. *Terræ Didática*, 19(Publ. Contínua), 1-10, e023040. doi: 10.20396/td.v19i00.8674605.



Artigo submetido ao sistema de similaridade

Keywords: Field class, Geosciences, Fluvial dynamics.

Palavras-chave: Aula de campo, Geociências, Dinâmica fluvial.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 18/09/2023

Revised/Corrigido: 05/12/2023

Accepted/Aceito: 19/12/2023

Editor responsável: Celso Dal Ré Carneiro 

Revisão de idioma (Inglês): Hernani Aquini Fernandes Chaves 



Introdução

A motivação subjacente à realização de aula de campo reside na busca pela apropriação do espaço a ser explorado, visando, identificar o cenário propício para transposição dos conhecimentos construídos em sala de aula, expandindo a noção de espacialidade a outras realidades (Silva & Campos, 2015). Nesse caso, o espaço configura-se muito mais do que um lugar de visita (Campos, 2012), mas como palco de amplos processos de aprendi-

zagem que extrapolam os limites disciplinares. As aulas de campo favorecem o contato direto com o espaço de pesquisa promovendo experiências e interações com as situações reais. O envolvimento direto viabiliza o confronto entre a teoria e a prática, o estímulo aos sentidos e à curiosidade (Viveiro & Diniz, 2009). Dessa forma, é possível integrar de maneira eficaz os aspectos educacionais aos afetivos, favorecendo situações para uma aprendizagem mais significativa (Seniciato & Cavassan, 2004).

No contexto das temáticas geocientíficas, torna-se possível construir ambientes fundamentais de aprendizagem para compreensão de fenômenos e processos do Sistema Terra. As Geociências podem ser compreendidas como “A Ciência do Sistema Terra”, ou mesmo “Ciências da Terra”, os quais propõem a compreensão das relações entre as esferas constituintes do planeta: rochas, atmosfera, hidrosfera, tecnosfera e biosfera (Piranha & Carneiro, 2009).

Os ambientes geográficos proporcionam espaços propícios para a discussão de tópicos de Geociências, os quais, na Educação Básica, muitas vezes, encontram-se dispersos entre as disciplinas de Geografia e Ciências (Toledo, 2005). Para superação desta fragmentação e para promover uma abordagem mais integradora, a aula de campo pode configurar-se como uma metodologia eficaz, capaz de favorecer a motivação e o envolvimento em ações educativas (Seniciato & Cavassan, 2004).

Segundo Morin (2003), a fragmentação do saber resulta na falta de contextualização dos conhecimentos, não representando um contexto multidimensional/global, apresentando assim o desafio superar a hiperespecialização. Essa fragmentação dificulta mecanismos de análise da realidade, pois cria obstáculos para a relação entre conceitos, procedimentos e atitudes (Compiani, 2007).

A aula de campo não apenas aborda as complexidades das Geociências, mas também oferece uma oportunidade valiosa para superar as barreiras da fragmentação do conhecimento, permitindo que os estudantes vivenciem diretamente as interconexões entre diferentes áreas do saber. Essa abordagem integrada não só contribui para uma compreensão mais holística do conhecimento, mas também promove a contextualização e a aplicação prática dos conceitos, proporcionando uma base sólida para a aprendizagem.

Fazenda (2003, p.13) reforça que “um olhar interdisciplinarmente atento recupera a magia das práticas, a essência de seus movimentos, induzindo outras superações ou reformulações”. Compreende-se que o papel epistemológico do campo tem como fonte as informações e as investigações e, que, na mente do observador, as ideias e os conceitos transformam-se em instrumentos mentais de observação da realidade (Compiani & Carneiro, 1993). Reconhecendo que a separação entre ser humano e natureza reflete no conhecimento e na produção humana, é possível assumir o ambiente é uma unidade que precisa ser compreendida de

maneira inteira, sendo viável por meio do conhecimento interdisciplinar (Guimarães, 2015).

O ensino de Geociências no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (Educimat) do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) ganhou espaço como uma sub-linha de pesquisa a partir do desenvolvimento de aulas de campo, que desempenham papel crucial na aprendizagem contextualizada, e promovem a integração entre a escola e o ambiente extraescolar. O enfoque educacional é baseado na construção de práticas pedagógicas fundamentadas na metodologia de aulas de campo. Tais práticas compõem as grelhas de observação elaboradas, validadas e aplicadas por alunos de mestrado e doutorado. As grelhas de observação consistem em roteiros sistematizados com informações direcionadas à análise e interpretação dos recursos do espaço de pesquisa. No caso específico, o objetivo é o (re)conhecimento de conceitos geocientíficos sobre os ambientes fluviais previamente discutidos em sala de aula, sendo exemplificados por meio da interação com o ambiente.

Motivados por esse objetivo, buscamos identificar os espaços potencialmente educativos do Baixo Rio Doce e como esses locais podem ser utilizados como referência para aulas de campo em Geociências, de modo a contribuir para a implementação de novas práticas. A realização de aulas de campo em espaços não formais auxilia e contextualiza o ensino de ciências.

No âmbito da formação continuada de professores, na condição de estudantes de mestrado e doutorado profissionais, buscou-se a validação sobre a exequibilidade das ações educativas nos espaços identificados. As propostas estão ancoradas na apresentação das potencialidades pedagógicas observadas no percurso metodológico.

Metodologia

Trata-se uma pesquisa de natureza qualitativa, do tipo estudo de caso, o qual, de acordo com (Gil, 2019), pode ser dividido em sete etapas: (i) formulação do problema ou das questões de pesquisa; (ii) definição das unidades-caso; (iii) seleção dos casos; (iv) elaboração do protocolo; (v) coleta de dados; (vi) análise e interpretação dos dados; (vii) redação do relatório.

Como procedimento de pesquisa para coleta de dados foi adotada a observação participante, que consiste na participação real do pesquisador no

grupo em que é realizada a pesquisa: o observador assume, pelo menos até certo ponto, o papel de membro do grupo (Gil, 2019). A Figura 1 apresenta o percurso da metodologia da pesquisa.

Contexto da investigação

A pesquisa ocorreu durante a oferta de disciplinas optativas do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (Educimat) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes). Além da importância do (re)conhecimento de espaços potenciais para aulas de campo, as disciplinas direcionaram-se para elaboração de propostas de atividades a serem utilizadas para intervenção pedagógica durante as aulas de campo, as grelhas de observação. Para fortalecer e consolidar as propostas pedagógicas, foram conduzidas duas expedições de campo, durante os solstícios de inverno.

Os participantes da pesquisa (Tab. 1) são professores da Educação Básica, em processo de formação nos cursos de mestrado e doutorado profissionais do Educimat. Ao todo, foram 20 estudantes regularmente matriculados, sendo que 45% dos envolvidos participaram das duas ofertas das disciplinas de campo.

A ação pedagógica construída a partir da metodologia de aulas de campo foi desenvolvida em três etapas: o pré-campo, o campo, e o pós-campo. O pré-campo ocorreu de forma presencial, a partir de aulas expositivas e dialogadas, com o enfoque nos conhecimentos voltados para a geologia do quaternário e geomorfologia costeira. Nesta etapa, ocorreu a divisão dos grupos de trabalho e a estruturação das grelhas de observação, utilizadas nas práticas de intervenção em campo. O trabalho de campo compreendeu a ida ao espaço e a efetivação das práticas. A observação dos elementos que dinamizam o ambiente, como solos, sedimentação, hidrodinâmica fluvial, fatores bióticos e abióticos, ações antrópicas, dentre outros, foi direcionada pelas grelhas de observação, preenchidas pelos participantes da aula de campo.

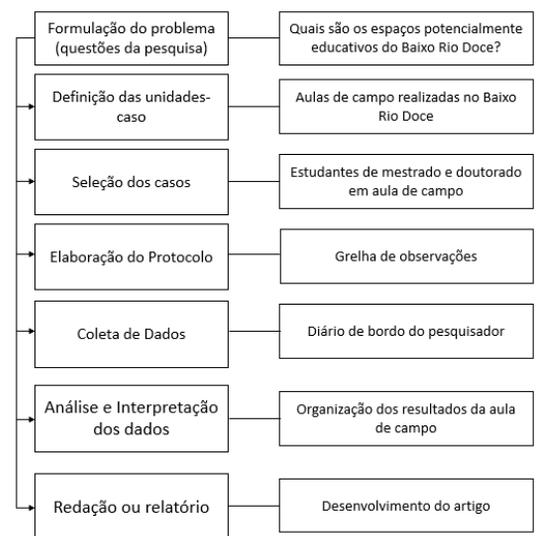


Figura 1. Fluxograma com as etapas da metodologia da pesquisa

Nas duas ofertas, houve divisão de grupos para a realização das práticas propostas, nas quais as abordagens foram divididas por temáticas. Na primeira oferta da aula de campo (2022/1), foram desenvolvidas quatro atividades de campo sistematizadas por grelhas de observação, abrangendo aspectos físico-químicos da água, geomorfologia fluvial, geologia sedimentar e formação de manguezais. Já na segunda oferta (2023/1), houve sete grelhas de observação, cujas temáticas foram: aspectos físico-químicos da água, granulometria dos sedimentos, Protocolo de Avaliação Rápida de Rios, hidrodinâmica dos rios, Formação Barreiras, vegetação de restinga e depósitos praias. Os resultados do processo formativo são detalhados no item seguinte.

Após o preenchimento de cada uma das atividades de intervenção em campo, houve uma roda de conversa no espaço do campo para reforçar os conceitos, compartilhar as análises e validar as práticas pedagógicas. A coleta de dados se concentrou nesta etapa da pesquisa, com gravações audiovisuais e diário de bordo do pesquisador.

A atividade de pós-campo se caracteriza pela organização dos resultados obtidos em campo, com elaboração de relatório sobre as atividades

Tabela 1. Caracterização dos participantes da pesquisa: total de participantes, área de formação e grau de escolaridade

	Total de participantes	Área de formação	Grau de escolaridade
1ª oferta	11 professores	Ciências Biológicas, Química, Geografia, Pedagogia, Engenharia de Minas	6 mestrados 5 doutorandos
2ª oferta	16 professores	Ciências Biológicas, Química, Pedagogia, Geologia, Geografia, Agronomia	8 mestrados 8 doutorandos

vivenciadas, e que, posteriormente, foi transformado no presente artigo. A construção do relato foi direcionada pela localização dos espaços não formais utilizados para a validação das práticas dos pesquisadores participantes. A Figura 2 apresenta o espaço da pesquisa.

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce, pano de fundo da pesquisa, pode ser subdividida em três seções: alto, médio e baixo curso, cuja denominação ocorre a partir da confluência dos rios Piranga e do Carmo. O Rio Doce drena uma área considerável, abrangendo 86.175 km² da bacia do Atlântico Sudeste e estendendo-se por cerca de 853 km, pelos territórios de Minas Gerais e do Espírito Santo.

A região foi impactada pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, em Mariana (MG), em 2015. Como ação de mitigação, foi elaborado o Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) como um compromisso legal para a reparação dos danos ao Rio Doce. Dentro do TTAC, o Programa de Educadores para Revitalização da Bacia do Rio Doce (PG33) foi estabelecido, no qual se insere o projeto “Formação de Educadores em Educação Ambiental nas Escolas Capixabas do Rio Doce” (Projeto Rio Doce Escolar), executado pelo Educimat. Este projeto tem como objetivo principal promover uma cultura de sustentabilidade para a revitalização da Bacia do Rio Doce no estado do Espírito Santo (Amado, 2021), o que está alinhado com o foco desta pesquisa.

No contexto desse compromisso mais amplo, as expedições ao Doce foram organizadas com o propósito de identificar e maximizar os espaços de educação não formal que poderiam ser utilizados para servirem de palco para as aulas de campo em todos os níveis de ensino. O Projeto Rio Doce Escolar integra ensino, pesquisa e extensão, auxiliando as escolas da região da bacia capixaba do Rio Doce a se constituírem como um espaço efetivo de formação de agentes transformadores das realidades socioambientais em que estão inseridos (Amado, 2021).

No contexto específico deste estudo, a área de foco é o Baixo Rio Doce, que corresponde à porção da Bacia Hidrográfica do Rio Doce no território capixaba. Apesar de os espaços de pesquisa contemplarem depósitos sedimentares, às margens do Rio Doce, em Colatina é possível observar a formação geológica do Complexo Paraíba do Sul, que faz transição com a composição dos depósitos sedimentares da Formação Barreiras.

A elaboração do roteiro de campo foi inspirada no trabalho de Neves (2017), que conduziu uma intervenção pedagógica na planície aluvionar do Rio Doce, em Colatina (ES), com alunos da Educação Básica. A implementação bem-sucedida do Projeto Rio Doce Escolar permitiu o desenvolvimento de atividades investigativas para analisar as características geofísicas do rio, ampliadas a diferentes ambientes de investigação. Cada uma das expedições teve atividades organizadas para dois dias de estudos. Os espaços de pesquisa estão indicados na Tabela 2.

A Tabela 2 identifica os espaços em que houve intervenção pedagógica e sua localização cartográfica. São ambientes diretamente ligados à hidrodinâmica fluvial do Doce, que foram apresentados aos professores de educação básica dos municípios situados nas proximidades do Rio Doce, incluindo Baixo Guandu, Colatina, Marilândia e Linhares.

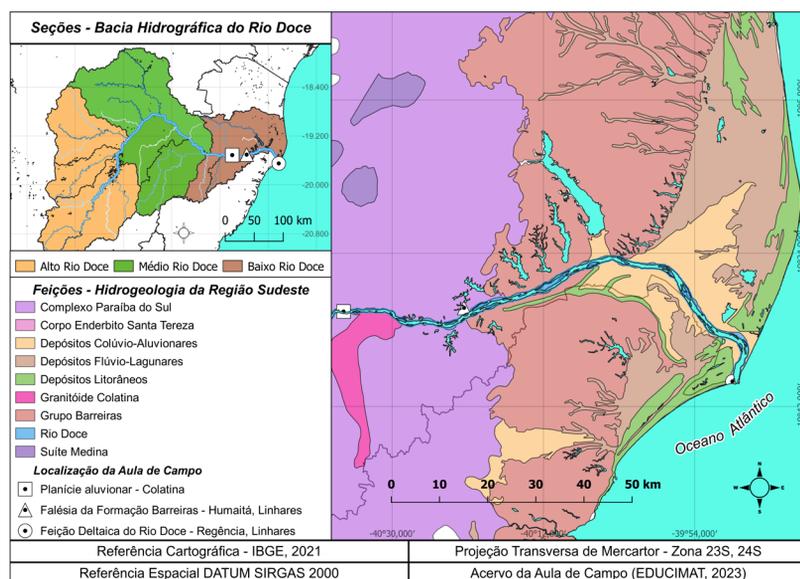


Figura 2. Mapa de Localização Geográfica e a representação da hidrogeologia. Ênfase ao Rio Doce, à respectiva bacia e aos espaços não formais de educação onde foram realizadas as aulas de campo: Planície aluvionar (A), Falésias da Formação Barreiras (B) e a Feição Deltaica (D), bem como suas respectivas formações geológicas; Complexo Paraíba do Sul, Formação Barreiras e Depósitos colúvio-aluvionares e litorâneos

Tabela 2. Descrição dos espaços de pesquisa e localização cartográfica

Espaços de pesquisa	Descrição	Localização cartográfica
Planície Aluvionar	Depósitos sedimentares quaternários	Colatina (ES) (19°30'50.75" S, 40°35'47.25"W / 19.51525, -40.59786)
Falésias da Formação Barreiras	área de transição: embasamento cristalino – domínios metassedimentares-metavulcânicos, e depósitos sedimentares cenozoicos da Formação Barreiras	Rodovia ES-248, Humaitá, Linhares (ES), (19°30'24.32"S, 40°21'26.89" W / -19.506765404,-40.357470739)
Feição Deltaica do Rio Doce	Planícies marinhas, Fluviomarinhas e Fluvioacustres com vegetação de restinga.	Trilha do Farol em Regência (19°39'03.09 S, 39°49'30.27" W / -19.650933,-39.825152)

Resultados e Discussão

Na elaboração de práticas pedagógicas exploratórias, a delimitação dos espaços de educação não formal indica as abordagens metodológicas das práticas educativas. A proposta era identificar as potencialidades pedagógicas dos ambientes naturais, reconhecendo-lhes os elementos que neles dinamizam a vida. O processo formativo é substancial para compreensão dos aspectos pedagógicos da metodologia da aula de campo, bem como avaliar a importância da saída ao espaço de educação não formal. No processo de preparação para a aula de campo (pré-campo), foram abordados aspectos conceituais da geologia sedimentar e de geomorfologia costeira, considerando a Bacia Hidrográfica do Rio Doce como contexto. Na etapa de formação, o grupo de pesquisadores foi orientado a desenvolver e, posteriormente, aplicar práticas de intervenção pedagógica durante a aula de campo, com foco na possibilidade de replicação por professores da Educação Básica.

O processo de transposição didática dos conteúdos geológicos e geomorfológicos, alinhada ao currículo escolar, torna-se crucial para estabelecer a conexão dos conceitos geocientíficos às demandas específicas do sistema educacional. Nesse contexto, temas como importância de mata ciliar, fauna, flora, sucessão ecológica e a conservação da natureza, predominantemente pertencentes à ecologia (ciências), podem ser integrados de maneira interdisciplinar com a geografia. Esta última, indo além dos aspectos físicos, abrange conteúdos como localização geoespacial, ocupação do território, relação sociedade e ambiente. Conforme apontado por Toledo (2003), a amplitude da área da abrangência da disciplina, na interface entre as Ciências Humanas e Ciências Naturais, faz com que os tópicos geocientíficos tenham “um tratamento fragmentado e disperso, insuficiente para promover a compreensão da Terra como um sistema complexo e dinâmico” (Toledo, 2003, p.31).

Assim, a aula de campo proporciona a integração dos saberes, potencializados pela contextualização dos processos geológicos e geomorfológicos (sedimentologia, mineralogia, hidrodinâmica dos rios etc.). Constituem, pois, elementos-chave para articular conceitos da física e da química, essenciais para a compreensão do Sistema Terra.

Aulas investigativas na planície aluvionar: uma abordagem pedagógica

O primeiro ponto de intervenção já era conhecido a partir de Neves (2017), porém foi necessário transformar as atividades elaboradas anteriormente para estudantes da Educação Básica para uma interface mais aprofundada, adaptada ao público alvo da pós-graduação, com enfoque interdisciplinar. Ao final da primeira expedição de campo (2022/1), foi constatado que as grelhas de observação deveriam englobar tanto os aspectos básicos quanto os avançados, em um amplo processo de integração do saber, já que havia a necessidade de aprofundar o conhecimento dos estudantes/professores em formação, com diferentes áreas de interesse e formação. Trazer as intertextualidades para as grelhas de observação a serem preenchidas em grupo, ajuda a aprofundar o debate sobre temáticas que ampliam as concepções naturalistas e ambientais.

As experiências vivenciadas em campo com base na realização das práticas propostas, revelam que a revisão dos conteúdos curriculares durante a etapa do pré-campo e sua retomada no campo é indispensável, assim como a roda de conversa ao final de cada experiência. Outro tópico relevante a ser destacado, na segunda expedição, foi o conhecimento prévio dos estudantes, o que lhes permitiu o encorajamento para práticas experimentais que substituíram as demonstrações realizadas no campo anterior. Dessa forma, foi positivo o avanço proporcionado pela participação na Expedição Baixo Rio Doce I, a qual provocou discussões no grupo de pesquisadores.

No município de Colatina, a baixa hidrodinâmica do rio é evidenciada pela formação dos depósitos aluvionares, que ficam emersos nos períodos de vazante. O acúmulo de sedimentos clásticos de granulometria grossa, aspectos e texturas variadas, depositados de acordo com a hidrodinâmica fluvial, são importantes elementos a serem explorados para dialogar sobre os temas científicos, bem como a abordagem de temáticas regionais ligadas às atividades humanas no ambiente (Coelho, 2009).

Em contato com a planície aluvial, a compreensão sobre a influência da hidrodinâmica do Doce no município de Colatina é mais expressiva em contraponto à observação da imagem de satélite ou da fotografia, devido à interação com os sedimentos, com a água e os elementos que constituem a paisagem. Além disso, evidenciam-se questões de localização espacial, sobretudo a ideia de dimensão e, conseqüentemente, da importância do Rio Doce em relação à potência, no transporte e deposição de sedimentos, bem como em sua permanência enquanto rio perene. Também se verificam os topos de morros desmatados, o assoreamento e a falta de matas ciliares devido à sua retirada por ocupação humana. As planícies de inundação, onde os depósitos aluvionares se encaixam de acordo com a morfologia do rio, são excelentes ambientes para discutir aspectos relevantes sobre os elementos que dinamizam a vida no Rio Doce.

Mediante as práticas direcionadas pelas grelhas de observação, além dos tópicos científicos foi possível dialogar sobre temáticas socioambientais, como a análise da presença de minerais presentes nos depósitos sedimentares, considerando, quando possível, o contexto do rompimento de barragem de rejeitos da mineração de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. No dia cinco de novembro de 2015, ocorreu o rompimento de um dos diques da barragem de rejeitos de mineração da referida barragem. Estima-se que foram escoados cerca de 60 bilhões de litros de rejeitos provenientes do maior desastre ambiental já visto (Felipe et al., 2016). A carga sedimentar de alta viscosidade se estendeu pelo rio Gualaxo do Norte e desaguou no rio do Carmo, até atingir o Rio Doce. No dia 21 de novembro, a lama chegou ao Oceano Atlântico, estendendo-se por mais de 10 km no litoral do Espírito Santo.

Considerando-se que os rios estão entre os mais importantes agentes que influenciam as alterações do relevo, e, em ambientes úmidos, são responsáveis pelo transporte de sedimentos até o oceano (Christofolletti, 1980), compreende-se que a degradação e a

perda da integridade geomorfológica comprometem a dinâmica dos sistemas fluviais. O equilíbrio entre o regime hidrológico e o sedimentológico, entre os padrões morfológicos e as características ecológicas de suas águas e ecossistemas, representam a saúde dos rios (Felipe et al., 2016). Além do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, evidenciado como o marco principal do processo histórico de degradação que o Rio Doce perpassa, é importante desenvolver a percepção de que a saúde do Baixo Rio Doce depende da qualidade das águas vindas à montante, que modelam seus meandros ao longo dos milhares de anos.

As falésias da Formação Barreiras: refutando e comprovando hipóteses

A Formação Barreiras é uma unidade estratigráfica sedimentar que se estende pelo litoral brasileiro desde a Região Amazônica até o estado do Rio de Janeiro. No Rio Doce, o relevo escarpado com características de falésias mortas, chega a ser identificado a uma distância aproximada de 70 km em relação ao mar, o que despertou a potencialidade desse espaço para o desenvolvimento de aulas de campo.

Apesar da atividade antrópica, por meio de retirada de sedimentos com o uso de máquinas de terraplanagem, ficou evidente a existência de um relevo naturalmente escarpado, com depósitos sedimentares de diferentes granulometrias, que indicam elevada hidrodinâmica, ao longo do tempo, das águas do Rio Doce. Ao chegarem ao local do trabalho de campo os pesquisadores se movimentaram na busca de encontrar evidências para o seguinte questionamento:

Será que é possível afirmar que esta formação, em algum momento da história geológica da Terra, havia sido uma falésia viva, isto é, teria tido contato com o mar?.

Na área da pesquisa, as fácies da falésia da Formação Barreiras se estendem por 1,4 km, de forma paralela ao leito do Rio Doce. A construção das hipóteses foi fundamentada por estudantes que já haviam participado de aulas de campo nas falésias vivas da Formação Barreiras de Marataízes, sul do Espírito Santo, “localizada nas coordenadas geográficas 21°08'51”S (latitude) e 40°53'10” O (longitude)” (Silva & Campos, 2017, p.783). As aproximações e distanciamentos se deram em função das semelhanças na coloração, granulometria, dimensão e presença de carapaça ferruginosa.

As grelhas de observação construídas para explorar o espaço direcionaram o olhar para as camadas estratigráficas, bem como a ação dos agentes do intemperismo e da erosão. Outra questão fortemente debatida foram os aspectos do neotectonismo, já que existe a possibilidade de se reconhecer em evidências no ambiente. Conforme afirmam Oliveira et al. (2018), a área continental adjacente ao litoral brasileiro foi intensamente submetida a fenômenos neotectônicos de soerguimento, flexura e nucleação de grábens, os quais resultaram em denudação do relevo. Amostras de sedimentos foram coletadas para análises futuras. Os registros fotográficos da aula de campo na Formação Barreiras evidenciam um ambiente fluvial pretérito com intensa hidrodinâmica (Fig. 3).

A leitura dos mapas geológicos e geomorfológicos do local, a partir da abordagem dos conteúdos do pré-campo da segunda expedição, levantou o questionamento sobre a possibilidade de já ter havido naquele espaço uma falésia viva. Foi mais bem aceita, porém, uma outra hipótese levantada que faz menção ao Delta do Rio Doce:

Este ambiente pode ter sido uma foz do Rio Doce em forma de estuário?

Atualmente a margem do rio está a uma distância aproximada de 1.300 m do local visitado; existe, porém, um sistema de drenagem lagunar, o qual está localizado a poucos metros da falésia. A sequência de sedimentação quaternária é marcada por episódios de transgressão e regressão marinha. No Pleistoceno, cerca de 120.000 anos passados, ocorreu a Transgressão Cananéica (Suguio et al., 1982). Segundo os autores,

O nível do mar se situava 8 a 10 m acima do atual. Todos os grandes vales entalhados nos sedimentos da Formação Barreiras estavam afogados e o curso inferior do rio Doce formava um vasto estuário. Os sedimentos da Formação Barreiras erodidos pelo mar em transgressão apresentavam “falésias vivas” mais ou menos altas, de alguns metros até 20 m (Suguio et al. 1982, p.105).

O trabalho de Suguio et al. (1982) foi fundamental para o aprofundamento do debate a respeito dos ambientes de sedimentação lagunar e a constituição da Formação Barreiras no espaço do campo, mostrando a faixa inundada pelo avanço do nível do mar durante a Transgressão Cananéica. Em correspondência ao espaço de pesquisa da aula de campo, destaca-se a representação do referido trabalho (Fig. 4).

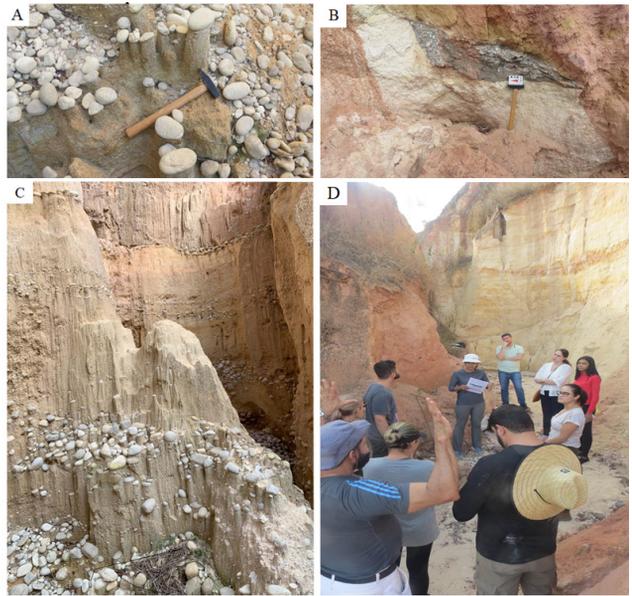


Figura 3. Formação Barreiras em Humaitá-Linhares: (A) seixos desgastados/rolados por rios; (B) diferentes colorações de sedimentos provocados por minerais; (C) alinhamento dos seixos depositados em camadas que representam a movimentação da paleocorrente e sua orientação e acabamento; (D) momento de debate do grupo para desfecho das observações mediadas pela grelha

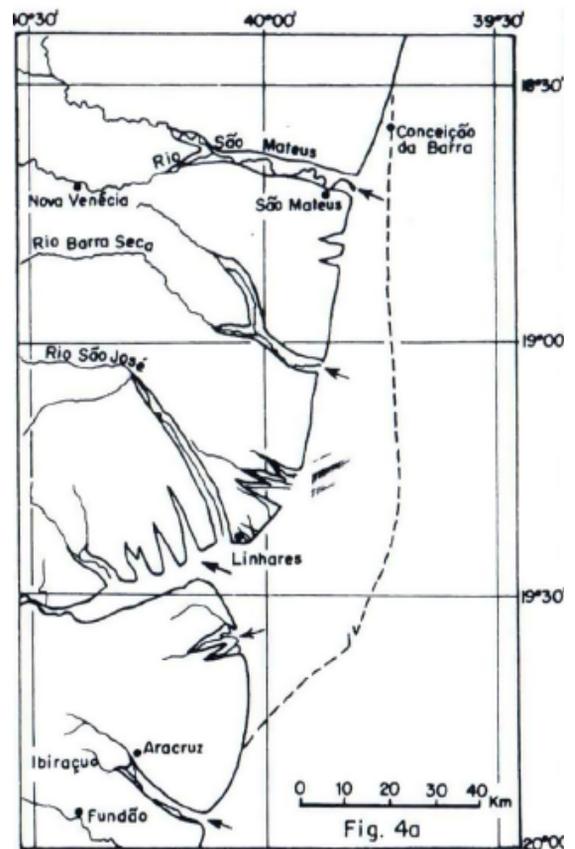


Figura 4. Representação da Transgressão Cananéica (Suguio et al., 1982)

A partir das pesquisas na etapa pós-campo, constatou-se que o Rio Doce apresentou desembocadura na forma de estuário nas imediações da segunda área de estudo, da Formação Barreiras. Assim, os elementos identificados ao longo da aula de campo, confrontados com a bibliografia existente, confirmam as hipóteses levantadas. No período apresentado por Suguio et al. (1982), apontam-se evidências da formação do sistema lagunar, que antecedeu a formação das feições deltaicas.

Uma análise em construção: a feição deltaica do Rio Doce

Na primeira expedição de campo, a chegada ao delta foi carregada de deslumbramento. Não houve intervenções direcionadas por grelhas de observação, apenas a percepção visual para a identificação de conceitos relacionados ao delta e ao ambiente de praia. Porém, mesmo após um intervalo de sete anos do rompimento da barragem de rejeitos, foi possível identificar visualmente seus impactos ambientais por meio do concentrado de minerais em um pequeno perfil aberto próximo à arrebentação, cerca de 50 cm abaixo da camada superficial.

Christofolletti (1981) destaca que uma parcela da carga detrítica dos cursos d'água é obtida pela ação erosiva das águas sobre as margens e o fundo do leito; entretanto, a maior parte é fornecida pela remoção detrítica das vertentes, ao passo que os acontecimentos ocorridos na bacia de drenagem repercutem nos rios. O acúmulo de minerais na superfície dos sedimentos de praia indica a hidrodinâmica do Rio Doce.

Deltas são feições progradacionais associadas a depósitos sedimentares fluviais retrabalhados por energias marinhas, que possuem diferentes classificações (Suguio, 2003). Os rios transportam os sedimentos ao mar, o qual os retrabalha e os deposita ao longo do litoral. O Delta do Rio Doce é controlado por ondas e tem característica erosiva. O Delta do Rio Doce é altamente destrutivo; a granulometria predominante dos sedimentos varia de acordo com o período de baixa e alta, oscilando, normalmente, entre areias grossas e médias no período de alta e areias e siltes no período de baixa. A quantidade de minério de ferro na praia de Regência não tem ligação com a hidrodinâmica do rio e o processo de formação do delta, mas sim com o período de oito anos que o Rio Doce vem retrabalhando os sedimentos depositados, entre períodos de baixa e alta vazão. Constatou-se uma

formação dinâmica e variável, observável em imagens históricas de satélites, ancorada nas pesquisas de Suguio et al. (1982) sobre o ambiente lagunar formado na região do Delta.

Conclusão

Na Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Doce, apontam-se três ambientes para estudo e fundamentação teórico-científica: Planície Aluvionar, Falésia da Formação Barreiras e Feição Deltaica do Rio Doce (Restinga e Praia). São ambientes que podem ser explorados no ensino de Geociências na Educação Básica, sobretudo no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. O artigo focou o estudo de ambientes fluviais e costeiros, ilustrando a amplitude conceitual que as Geociências oferecem. A investigação dos espaços não formais no território do Rio Doce Capixaba evidenciou grande potencial para divulgação científica. A abrangência dos tópicos abordados na elucidação dos processos evolutivos e na dinâmica fluvial traduz a importância das Geociências na abordagem conceitual em quaisquer níveis de ensino.

A intenção da aula de campo em ambientes fluviais foi delinear uma abordagem que abrangesse áreas do conhecimento presentes nos currículos disciplinares da Educação Básica. Isso engloba disciplinas como Geografia e Ciências, que, no Ensino Médio, se expandem para Química, Física, Biologia, bem como a perspectiva transversal da Educação Ambiental.

A elaboração de materiais didáticos a partir das grelhas de observação pode ser extensível à Educação Básica, uma vez que permitiram ampliar os horizontes, no sentido de reapplicar as práticas durante a Formação de Educadores em Educação Ambiental nas Escolas Capixabas do Rio Doce. Com a metodologia da aula de campo em ambientes naturais, os estudantes podem ser expostos a temáticas relevantes das Geociências e à perspectiva ambiental, promovendo uma educação interdisciplinar. Simultaneamente, eles podem compreender a própria Terra como um contexto interdisciplinar.

A colaboração entre os participantes na identificação de temas relevantes para embasar as práticas revela um compromisso com o desenvolvimento de futuras pesquisas e práticas interdisciplinares que favoreçam o ensino em todos os níveis, bem como nos diferentes municípios do Rio Doce e outros ambientes fluviomarinhas. As expedições não apenas identificaram as potencialidades dos espaços

de educação não formal, mas também buscaram maximizar seu uso como cenários educacionais. Isso implica uma colaboração entre professores e pesquisadores para compartilhar informações e desenvolver práticas pedagógicas que enriqueçam a educação formal.

A abordagem interdisciplinar proporciona momentos de discussão desde a etapa pré-campo e do planejamento até a execução das atividades no campo. Além de fixar os conceitos aprendidos, permite reconhecer as características do ambiente de estudo e aprimorar possíveis replicações das abordagens. Os professores da Educação Básica podem, posteriormente, levar a prática para seus estudantes por meio de aulas de campo. Os diálogos em campo expuseram as fragilidades dos professores em primeiro contato com o ambiente, apontando uma

insegurança para direcionar os seus respectivos alunos para as experiências de campo. Foi preciso um encorajamento de modo a favorecer a autonomia para que eles possam desenvolver suas próprias práticas e avançarem na compreensão da espacialidade.

O objetivo geral de divulgar a Ciência e promover o ensino de Geociências, com foco na perspectiva ambiental, por meio da metodologia da aula de campo no Rio Doce, parece estar ao alcance, contribuindo para o desenvolvimento de futuras pesquisas e práticas interdisciplinares na Educação Básica. O compromisso com a educação e a utilização de espaços não formais e suas potencialidades como ambientes de aprendizado reflete a importância de uma abordagem holística e integrada para o ensino interdisciplinar com vistas ao Sistema Terra.

Taxonomia CRediT: • Contribuição dos autores: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise formal; Investigação; Metodologia; Validação; Visualização; Escrita – rascunho original; Escrita – revisão & edição – Thiago de Alcântara Capaz. Conceitualização; Administração do projeto; Recursos; Supervisão; Escrita – revisão & edição: Bianca Pereira das Neves. Investigação; Metodologia; Validação; Visualização; Escrita – rascunho original – Carlos Roberto Pires Campos. • Conflitos de interesse: Os autores certificam que não têm interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito. • Aprovação ética: Não aplicável. • Disponibilidade de dados e material: Disponível no próprio texto. • Reconhecimentos: Consignam-se agradecimentos à equipe de Terræ Didática pelas contribuições críticas durante a avaliação do manuscrito. • Financiamento: Fundação Renova, Facto (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia).

Referências

- Amado, M. V. (2021). *Plano de Trabalho*. Projeto Rio Doce Escolar. URL: https://vilavelha.ifes.edu.br/images/stories/files/2022/plano_trabalho_riodocescolar.pdf. Acesso 07.12.2023.
- Campos, C. R. P. (2012). A saída a campo como estratégia de ensino de Ciências. *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*, (2), 25-30. URL: <https://doceru.com/doc/8ve8sn>. Acesso 07.12.2023.
- Carneiro, C. D. R., Barbosa, R., Amendola, D. F., & Barbosa, I. N. B. C. (2022). Duas décadas de aprendizado no Projeto Geo-Escola: uma jornada para introduzir Geociências nas escolas. *Ciência & Educação* (Bauru), 28, e22007. doi: 10.1590/1516-731320220007.
- Christofolletti, A. (1980). *Geomorfologia*. 2 ed. São Paulo: Ed. Blücher,
- Coelho, A. L. N. (2009). Bacia Hidrográfica do Rio Doce (MG/ES): uma análise socioambiental integrada. *Geografias*, (7). doi: 10.7147/GEO7.156.
- Compiani, M. (2007). O lugar e as escalas e suas dimensões Horizontal e vertical nos trabalhos Práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. *Ciência & Educação*, 13(1), 29-45. URL: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/MstbqJbXNMTkN3rJ76q6rc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso 07.12.2023.
- Compiani, M., & Carneiro, C. D. R. (1993). Os papéis didáticos das excursões Geológicas. *Rev. de la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1(2), 90-98. URL: <http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/88098/140821>.
- Ernesto, M., Cordani, U. G., Carneiro, C. D. R., Dias, M. A. F. S., Mendonça, C. A., & Braga, E. S. (2018). Perspectivas do ensino de Geociências. *Estudos Avançados*, 32(94), 331-343. doi: 10.1590/s0103-40142018.3294.0021.
- Fazenda, I. C. A. (2003). Aquisição de uma formação interdisciplinar de professores. In: Fazenda, I. C. A. (Org.) (2003). *Didática e Interdisciplinaridade*. p.11-21. URL: <https://educfacil.files.wordpress.com/2012/11/ivani-fazenda-didc3a1tica-e-interdisciplinaridade.pdf>. Acesso 07.12.2023.
- Fellipe, M. F., Costa, A., Franco, R., Matos, R. (2016). *A Tragédia do Rio Doce: a lama, o povo e a água. Relatório de campo e interpretações preliminares sobre as consequências do rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão (Samarco/Vale/Bhp)*. Belo Horizonte: Geografias, Artigos Científicos. Ed. Esp.: Vale do Rio Doce: formação geo-histórica e questões atuais. doi: 10.35699/2237-549X..13468
- Gil, A. C. (2019). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6 ed. São Paulo: Atlas.
- Guimarães, M. (2015). *A dimensão ambiental na educação*. 12 ed. São Paulo: Papirus.
- Jacobucci, D. F. C. (2008). Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. *Uberlândia: Em Extensão*, 7, 55-66. doi: 10.14393/REE-v7n12008-20390.
- Neves, B. P. das. (2017). *Aulas de campo na planície aluvionar do rio doce da perspectiva da Educação Ambiental Crítica*. Vila Velha: Instituto Federal do Espírito Santo. (Dissert. Mestr. Prof. em Educação em Ciências e Matemática. URL: <https://repositorio.ifes.edu.br/>

-
- handle/123456789/247. Acesso 07.12.2023.
- Oliveira, L. C. de., Oliveira, R. M. A. G. de, & Pereira, E. (2018). Possível controle neotectônico sobre as falésias do Litoral Sul da Bahia. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41(3), 702-716. doi: 10.11137/2018_3_702_716.
- Piranha, J. M., & Carneiro C. D. R. (2009). O ensino de geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. *Revista Brasileira de Geociências*, 39(1), 129-137. doi: 10.25249/0375-7536.2009391129137.
- Seniciato, T., & Cavassan, O. (2004). Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências—um estudo com alunos do ensino fundamental. *Ciência & Educação* (Bauru), 10(1), 133-147. doi: 10.1590/S1516-73132004000100010.
- Silva, M. S. S., & Campos, C. R. P. (2015). Introdução: Aulas de campo como metodologia de ensino. Fundamentos teóricos. In: Campos, C. R. P. (Org.). (2015). *Aulas de campo para Alfabetização Científica: práticas pedagógicas escolares*. Vitória (ES): Ed. IFES. URL: <https://educimat.ifes.edu.br/images/stories/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livros/Aulas-de-Campo-para-Alfabetiza%C3%A7%C3%A3o-Cient%C3%ADfica-978-85-8263-092-1.pdf>. Acesso 18.09.2023.
- Silva, M. S. S., Campos, C. R. P. (2017). Atividades investigativas na formação de professores de Ciências: uma aula de campo na Formação Barreiras de Marataízes, ES. *Ciência & Educação* (Bauru), 23, 775-793. doi: 10.1590/1516-731320170030015.
- Suguio, K. (2003). *Geologia sedimentar*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher.
- Suguio, K., Marin, L., & Dominguez, J. M. L. (1982). *Evolução da planície costeira do Rio Doce (ES) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar*. Simpósio do Quaternário do Brasil. Atas. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. URL: <https://repositorio.usp.br/item/002160849>. Acesso 07.12.2023.
- Toledo, M. C. M. (2005). Geociências no Ensino Médio Brasileiro: análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. São Paulo: *Geol. USP Publ. Espec.*, 3, 31-44. doi: 10.11606/issn.2316-9087.v3i0p31-44.
- Viveiro, A. A., & Diniz, R. E. S. (2009). Atividades de campo no ensino das ciências e na educação ambiental: refletindo sobre as potencialidades desta estratégia na prática escolar. *Ciência em Têla*, 2(1), 1-12. URL: <http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0109viveiro.pdf>. Acesso 07.12.2023.