

A utilização de lavras desativadas como laboratórios naturais para ensino de Geociências: exemplos de Diamantina (MG)

THE USE OF DEACTIVATED MINES AS NATURAL LABORATORIES FOR TEACHING GEOSCIENCES : EXAMPLES FROM DIAMANTINA (MG)

MATHEUS KUCHENBECKER^{1,2}, DANIEL GALVÃO CARNIER FRAGOSO³, JÚLIO CARLOS DESTRO SANGLARD³, LÚCIA MARIA FANTINEL⁴

1. Laboratório para Estudos de Ensino das Geociências, Núcleo de Geociências e Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, BR-367, Km 583, Alto da Jacuba, Diamantina/MG, mk.geologia@gmail.com

2. Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte/MG – Brasil.

3. PETROBRAS - Universidade Petrobras, Escola de Ciências e Tecnologia de Exploração e Produção – PCGEO, Rua Ulisses Guimarães, 565, Cidade Nova, Rio de Janeiro/RJ, danielfragoso@petrobras.com.br, juliosanglard@petrobras.com.br

4. Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte/MG, luciafantinel@gmail.com

ABSTRACT: USING CLOSED MINES AS NATURAL LABORATORIES TO TEACH GEOSCIENCES: THE EXAMPLE OF DIAMANTINA (MG). The irresponsible closing of mining operations is a current topic of environmental and social concern, which has led to increased discussion of the “future uses of mined areas”. In this paper, we present the great educational potential of some closed mines, proposing their use as natural laboratories to teach Geosciences. We use the example of Diamantina (MG), where long disabled old diamond mines are abundant. Inside the mines, it is quite common for dynamic sedimentary systems to develop, where several processes take place simultaneously. In these systems, it is possible to observe sedimentary processes and products in different environments and contexts, which provides an ideal situation for basic and advanced teaching of topics related to sedimentology, stratigraphy and geomorphology. The features that may be observed allow a thorough scalar analysis, as well as a discussion of differences and similarities with real-size sedimentary environments. In addition, the simultaneous occurrence of processes, products and ancient sedimentary structures provides an excellent opportunity to discuss the principle of Actualism.

Manuscrito:

Recebido: 12/05/2015

Corrigido: 28/09/2015

Aceito: 30/09/2015

Citation: Kuchenbecker M., Fragoso D.G.C., Sanglard J.C.D., Fantinel L.M. 2016. A utilização de lavras desativadas como laboratórios naturais para ensino de Geociências: exemplos de Diamantina (MG). *Terraè Didática*, 12(1):56-68. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>.

Keywords: Closed mines; Educational potential; Diamantina; Sedimentology; Stratigraphy

Introdução

Qualquer processo de mineração, seja ele artesanal ou mecanizado, acarreta em alterações no meio físico que, dependendo de seu grau de importância, podem constituir impactos ambientais negativos. Este fato, inerente à atividade mineradora, é hoje levado em consideração pela legislação, que exige diversos níveis de licenciamento ambiental e também um detalhado planejamento do fechamento da lavra, de modo a garantir mínimo impacto ambiental e posterior recuperação da área lavrada. Este cenário, entretanto, é recente, remontando apenas às últimas décadas.

No Brasil, ao longo de séculos, diversas localidades surgiram e se desenvolveram em íntima ligação com a mineração. Em vários destes locais ainda são visíveis as cicatrizes de dezenas ou centenas de anos de exploração predatória e impensada,

que hoje representam um passivo ambiental de proporções imensas. É o caso, por exemplo, das jazidas diamantíferas do sudeste brasileiro, descobertas entre os séculos XVIII e XIX e, desde então, continuamente lavradas por meio de garimpos artesanais e dragas mecanizadas.

Na Chapada Diamantina (BA), Matta (2006) e Santos et al. (2010) diagnosticaram diversos impactos ambientais negativos relacionados à atividade garimpeira. Merecem destaque o assoreamento da rede hidrográfica, drenagem de aquíferos e nascentes, perda de vegetação, processos erosivos acelerados e um grande impacto visual. Na região de Diamantina (MG) os mesmos processos são observados, associados às abundantes lavras de diamante abandonadas que ocorrem em seu entorno.

Em virtude deste panorama, tem sido conside-

rada imperiosa a busca por soluções mitigadoras e regeneradoras para a degradação ambiental, bem como o estabelecimento de alternativas socio-econômicas para as comunidades garimpeiras (Chaves e Meneghetti F^o 2002). Associada a este processo, há uma crescente discussão em torno dos “usos futuros de áreas mineradas”, fator de suma importância se considerada a impossibilidade de restauração das áreas à sua condição original. Dentre as diversas possibilidades que se apresentam como usos futuros de áreas mineradas, merecem destaque projetos turísticos, criação de espaços de lazer e cultura, a criação de corpos d’água artificiais para irrigação e piscicultura, projetos imobiliários, disposição de resíduos da construção civil e apicultura (Accioly 2012, Marcondes F^o et al. 2007).

Tendo-se em mente o cenário descrito, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o potencial didático de lavras desativadas, propondo sua utilização enquanto laboratório natural para o ensino de diversas áreas das Geociências. Para tanto será apresentada como exemplo a região de Diamantina (MG), onde abundam antigas lavras de diamante desativadas. As características ali observadas poderão servir de ponto de partida para o reconhecimento de novas áreas potencialmente didáticas em outros locais, passíveis de utilização por universidades e escolas em todo Brasil.

Lavras: laboratórios em potencial

Lavras abandonadas são locais extremamente didáticos para o ensino de Geociências principalmente pela frequente instalação, em seu interior, de sistemas sedimentares dinâmicos, onde vários processos diferentes atuam simultaneamente. Quando isto ocorre, estes locais são extremamente promissores para o ensino de conceitos básicos de Sedimentologia, Estratigrafia (inclusive Estratigrafia de Sequências) e Geomorfologia.

A complexidade e dinamismo dos sistemas sedimentares, no interior de uma lavra, dependem de uma série de características inerentes ao contexto geológico-climático e ao tipo de atividade previamente desenvolvida no local. Em linhas gerais, o potencial didático de uma lavra se expressa a partir da conjunção dos seguintes fatores: natureza e grau de alteração intempérica do substrato rochoso, clima, irregularidade do relevo e existência de zonas propícias à instalação de corpos d’água.

Em primeiro lugar, quando o substrato da lavra é formado por rochas altamente intemperizadas,

friáveis, existe maior quantidade de partículas disponíveis para a geração de sedimentos, alimentando o sistema sedimentar ali instalado. Se a rocha em questão apresentar grande variabilidade granulométrica, os sedimentos gerados tenderão a herdar esta característica, possibilitando a ocorrência de processos e produtos sedimentares mais complexos. Nesse sentido, lavras em rochas quartzosas são mais favoráveis à geração de sedimentos diferentes, enquanto rochas mais pobres em quartzo, sejam ígneas, sedimentares ou metamórficas, tenderão a gerar sedimentos essencialmente argilosos, o que é desfavorável aos objetivos didáticos.

Em geral, a atividade de mineração – em especial se desenvolvida de forma artesanal ou pouco mecanizada – favorece o desenvolvimento de um relevo antrópico extremamente irregular no interior das lavras. Quanto mais irregular o relevo, mais complexo é o sistema sedimentar no interior da lavra, ou seja: maior é a diversidade de processos e produtos sedimentares que ocorrem em seu interior, o que favorece o potencial didático. Nesse sentido, vales com inclinações variáveis de talvegue, por exemplo, favorecem a atuação de processos de corrente com diferentes níveis de energia durante o período chuvoso, gerando depósitos sedimentares diversos. Grandes áreas abertas, por sua vez, podem favorecer a atuação de processos eólicos, com formação de estruturas sedimentares características. Ainda, encostas íngremes podem favorecer o desenvolvimento de processos gravitacionais que culminam na formação de pequenos leques aluvionares, por exemplo.

O potencial didático da lavra será imensamente favorecido se o interior da lavra apresentar áreas barradas, propícias à instalação de corpos d’água. Neste caso, estabelece-se naturalmente um nível de base local, que exercerá forte controle sobre a sedimentação que ocorre nas imediações. Outro fator que exerce influência direta na potencialidade didática de uma lavra é o clima. Se a região contar com duas estações definidas, uma chuvosa e uma seca, estabelece-se um ciclo sazonal interessante, e o potencial didático é maximizado.

Possibilidades metodológicas

O potencial didático de uma lavra que apresente características favoráveis, conforme descritas acima, é imenso, e um sem-número de atividades podem ser pensadas para aproveitá-lo. Abaixo são descritas algumas possibilidades metodológicas.

Caso a lavra apresente relevo favorável, possivelmente serão observados em seu interior depósitos sedimentares consideráveis, com espessura variável. Em alguns pontos, incisões naturais podem permitir a visualização dos depósitos em perfil. Caso isto não ocorra, trincheiras podem facilmente ser escavadas, manual ou mecanicamente. A observação dos depósitos em perfil apresenta múltiplas finalidades didáticas. Em primeiro lugar, pode-se pedir aos alunos que realizem a descrição minuciosa de perfis sedimentares discretos, que posteriormente podem ser correlacionados e interpretados. Esta atividade pode ser auxiliada pela construção de painéis a partir de fotomosaicos, para interpretação.

Se a região apresentar um ciclo sazonal propício, algumas atividades didáticas podem ser realizadas no período da seca, tendo-se como objeto de estudo os produtos sedimentares gerados durante os períodos chuvosos anteriores ou processos sedimentares eólicos. Para análise de processos sedimentares aquosos, no entanto, as atividades devem ser preferencialmente realizadas durante a estação chuvosa.

Caso exista um corpo d'água no interior da lavra, este nível de base pode ser alterado artificialmente de forma controlada, por meio de desassoreamento ou do alteamento da barragem, para que a resposta do sistema sedimentar a curto e médio prazo seja observada e descrita durante as atividades didáticas. A atividade oferece excelente oportunidade para o estudo dos conceitos de estratigrafia de sequências, uma vez que, mesmo em pequena escala, pode-se observar a migração dos microambientes de sedimentação em resposta à variação do nível de base, bem como o estabelecimento de superfícies erosivas, a partir da incisão de canais.

O arcabouço didático das lavras abandonadas oferece oportunidade muito interessante: a realização de atividades focadas na abordagem atualística do registro sedimentar. Se instalado um sistema sedimentar propício, podem ser observados *in loco*, e em tempo real, diversos processos de erosão, transporte e sedimentação, subaérea e subaquática. Em seguida, podem-se observar, em perfis naturais ou artificiais nos depósitos sedimentares preexistentes, os produtos gerados pelos mesmos processos e discutir o registro destes no empilhamento sedimentar e estruturas observadas. Por fim, caso o contexto geológico da área seja favorável, pode-se oferecer aos alunos a observação das mesmas estruturas no registro litológico, demonstrando-se de forma didática que “o presente é a chave do

passado”, e propondo-se uma grande discussão sobre o Atualismo.

Diamantina (MG): Contexto geológico e histórico

Será apresentada, como estudo de caso do tema em apreço, a região de Diamantina, que se situa na porção centro-norte do estado de Minas Gerais, a 300 km de Belo Horizonte. A região apresenta uma altitude média em torno dos 1200 m e clima tropical de altitude, contando com chuvas de verão significativas e cerca de 4 a 5 meses secos por ano. Em resposta ao clima mais ameno e às características pedológicas da região, a vegetação assume características de campos rupestres, em domínio de cerrado.

Geologia da Serra do Espinhaço Meridional

Famosa por seu contexto geológico rico e didático, Diamantina situa-se na porção central da Serra do Espinhaço Meridional, setor mais intensamente estudado da Serra do Espinhaço. A serra se estende por mais de 1200km – desde o norte do Quadrilátero Ferrífero (MG) até a porção central da Bahia – e representa um dos mais importantes acidentes geográficos do Brasil, dividindo a bacia do Rio São Francisco das bacias que deságuam diretamente no oceano Atlântico.

A Serra do Espinhaço é sustentada principalmente por rochas pré-cambrianas, merecendo destaque os quartzitos do Supergrupo Espinhaço. De forma sintética, afloram na porção meridional da serra rochas de quatro unidades distintas (Fig. 1):

- O *Complexo de Gouveia*, unidade mais antiga da região, compreende principalmente granitos, gnaisses e migmatitos de idade arqueana (2,8 Ga, Machado et al. 1989). Merece destaque a região de Gouveia, cerca de 30km a sul de Diamantina, onde exhibe maior distribuição espacial.
- O *Grupo Costa Sena* representa uma sequência predominantemente metassedimentar, de idade orosiriana, que ocorre bordejando o Complexo de Gouveia. A porção basal da unidade apresenta litotipos xistosos e, para o topo, os xistos transicionam para uma sequência composta por quartzitos e metaconglomerados (Lopes-Silva & Knauer 2011).
- O *Supergrupo Espinhaço* registra uma extensa

bacia do tipo rifte-sag que foi preenchida por depósitos majoritariamente siliciclásticos, cuja abertura teve início em c. 1,7 Ga (e.g. Dussin & Dussin 1995, Almeida Abreu 1995, Knauer 2007). As unidades de preenchimento mais antigas registram deposição em ambientes fluviais, lacustres e eólicos, principalmente. Merecem destaque, neste sentido, as rochas da Formação Sopa-Brumadinho, fonte dos diamantes da região.

A Formação Sopa-Brumadinho mostra uma ampla distribuição espacial (Fig. 1) e um caráter litológico heterogêneo, tendo sido intensamente estudada devido ao seu potencial diamantífero. O horizonte diamantífero da unidade (Nível E, Schöll & Fogaça, 1979) apresenta quartzitos ferruginosos e lentes de metaconglomerado polimítico, que registram ambientes fluviais e de leques aluviais (Almeida-Abreu 1996).

Por fim, recobrando as unidades do Supergrupo Espinhaço e ocorrendo principalmente em áreas a norte de Diamantina, ocorrem as rochas do *Grupo Macaúbas*, composto por metadiamictitos, quartzitos e xistos de idade neoproterozoica (Pedrosa-Soares et al. 2011, Kuchenbecker et al. 2015).

Histórico da mineração de diamantes em Diamantina (MG)

Desde a invasão do Brasil pelos portugueses, a região onde hoje se situa Diamantina teve sua ocupação e povoamento intimamente relacionados à atividade mineradora. Em 1713, bandeirantes que exploravam a região encontraram ouro no vale do Rio Grande, e em torno das áreas de mineração começaram a se assentar os primeiros moradores (Gonçalves 2012), dando origem ao que seria, no futuro, o Arraial do Tijuco, distrito pertencente à Vila do Príncipe (atual Serro).

A descoberta de diamantes na região do Arraial do Tijuco foi comunicada à Coroa Portuguesa em 1729, embora existam relatos da extração e exportação de pedras para a Europa, de forma clandestina, ao longo dos 15 anos anteriores (Chaves et al. 2001). A gema foi encontrada, a princípio, em depósitos coluvionares e aluvionares, facilmente explorados com técnicas simples. Somente muitos anos mais tarde descobriu-se que o diamante provinha dos metaconglomerados da Formação Sopa-Brumadinho, que passaram então a ser alvo de grande exploração. Segundo Chaves et al. (2001), 98% dos diamantes produzidos na região de Diamantina são

oriundos da exploração de depósitos cenozoicos, e apenas 2% foram obtidos diretamente a partir dos metaconglomerados.

A descoberta do diamante acarretou em grande crescimento urbano no Arraial do Tijuco, que, no entanto, só seria elevado à condição de Vila, com o nome de Diamantina, em 1831 (Gonçalves 2012). Durante os 150 anos seguintes à descoberta, a região de Diamantina foi a maior produtora de diamantes do mundo: em 1870, dois terços dos diamantes produzidos no mundo vinham do Brasil, sendo a maioria desta região (Chaves et al. 2001). De acordo com Chaves et al. (1993), até o início dos anos 90, a região de Diamantina já teria produzido algo em torno de 30.000.000 de quilates, equivalentes a 30-40% de toda a produção do Brasil. Os quase três séculos de exploração ininterrupta, no entanto, causaram a exaustão das jazidas de fácil extração, culminando em queda vertiginosa na atividade garimpeira, que hoje ocorre em escala muito menor. Apesar disso, deve-se ressaltar que, ainda atualmente, o garimpo representa importante atividade para a população diamantinense, marcando profundamente os aspectos sociais, econômicos, culturais e políticos da região

É importante mencionar que os conglomerados diamantíferos da Formação Sopa-Brumadinho, na região de Diamantina, tiveram sua importância reconhecida como marco histórico da mineração do diamante no Brasil, e hoje constituem um sítio tombado pela comissão do SIGEP (Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil – N° 36, Chaves e Meneghetti F° 2002).

As lavras de Diamantina como laboratórios naturais

No entorno de Diamantina ocorrem inúmeras lavras desativadas (Fig. 1) que reúnem todas as características descritas acima e, por este motivo, apresentam imenso potencial didático para o ensino básico e avançado de Geociências. Pretende-se, a seguir, demonstrar este potencial por meio de exemplos práticos, com dados coletados em algumas das lavras da região.

Aspectos gerais

As características aqui descritas são válidas, em linhas gerais, para a grande maioria das lavras da região. Como exemplos, no entanto, serão utilizadas principalmente as lavras Lavrinha e Diamante

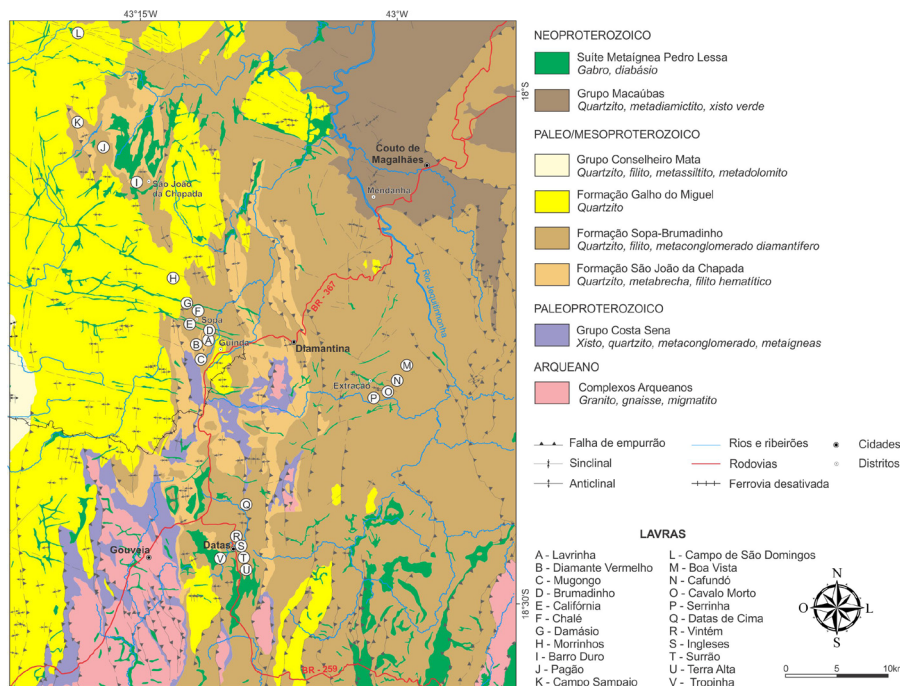


Figura 1. Mapa geológico simplificado da região de Diamantina, modificado de Fogaça (1996), Tupinambá et al. (1996), Knauer & Grossi Sad (1996), Knauer & Fogaça (1996), Noce & Fogaça (1996) e Roque et al. (1996). Destaque para a localização das principais lavras de diamante da região, atualmente desativadas.

Vermelho, situadas nas proximidades do distrito de Guinda (Fig. 1), que são provavelmente as de mais fácil acesso. Na região de Diamantina o diamante pode ser encontrado nos metaconglomerados da Formação Sopa-Brumadinho (Fig. 2B), que constitui, portanto, a rocha de interesse para os garimpeiros. Todas as lavras de diamante da região desenvolveram-se sobre áreas de afloramento dos metaconglomerados, que ocorrem usualmente intercalados em quartzitos da mesma formação. Em geral, durante o auge do garimpo, foram lavradas intensamente todas as porções friáveis do metaconglomerado; no processo, muitas vezes foi necessária a retirada de grandes volumes do quartzito adjacente. No interior das lavras, atualmente, restam apenas as porções mais silicificadas do metaconglomerado, demasiadamente duras para serem lavradas por meio de métodos artesanais (Fig. 2B). Todo o processo originou relevo extremamente acidentado no interior das lavras (Figs. 2A e 2C), com disponibilização de grande quantidade de sedimentos arenosos. A presença ocasional de filito, que ocorre sobretudo na porção basal da Formação Sopa Brumadinho, provê, subordinadamente, sedimentos silto-argilosos para o sistema.

Toda a carga sedimentar gerada no interior da lavra é transportada através de canais e rampas até

amplas porções rebai-xadas que atuam como sítios deposicionais transitórios. Nestes sítios, a sedimentação pode ser controlada pela presença de corpos d'água, perenes ou não (Fig. 2A). Processos sedimentares, desde erosão e transporte até a deposição em si, podem ser observados em diversas áreas das lavras. Por sua vez, os depósitos encontrados nos sítios deposicionais oferecem excelente condição para descrição dos produtos sedimentares.

Em diversos locais, os depósitos sedimentares são escavados por canais atuais, refletindo alguma variação no nível de base local da lavra. Nestas situações, as escarpas geradas – por vezes muito íngremes e contínuas por vários metros – apresentam a situação ideal para a observação dos depósitos em perfil, revelando estruturas sedimentares espetaculares.

Processos Sedimentares

No interior das lavras podem ser observados diversos processos sedimentares, a partir dos quais é possível estabelecer analogias com vários ambientes de sedimentação continentais existentes. Além disso, como se verá a seguir, podem ser observadas as relações dinâmicas destes processos em resposta à variação dos parâmetros que os controlam (pluviosidade, granulometria, relevo etc.). É bastante comum, no interior das lavras de diamante, a ocorrência de corpos d'água artificiais ou naturais, que formam pequenos lagos, em geral de dimensões até métricas. Alguns destes lagos podem apresentar água durante todo o ano, enquanto outros somente se enchem na estação chuvosa. Em todos os casos, observa-se variação sazonal significativa do nível dos lagos. Como estes locais são marcados por águas calmas, no seu interior é sempre possível observar a deposição de argila, que contrasta com os depósitos

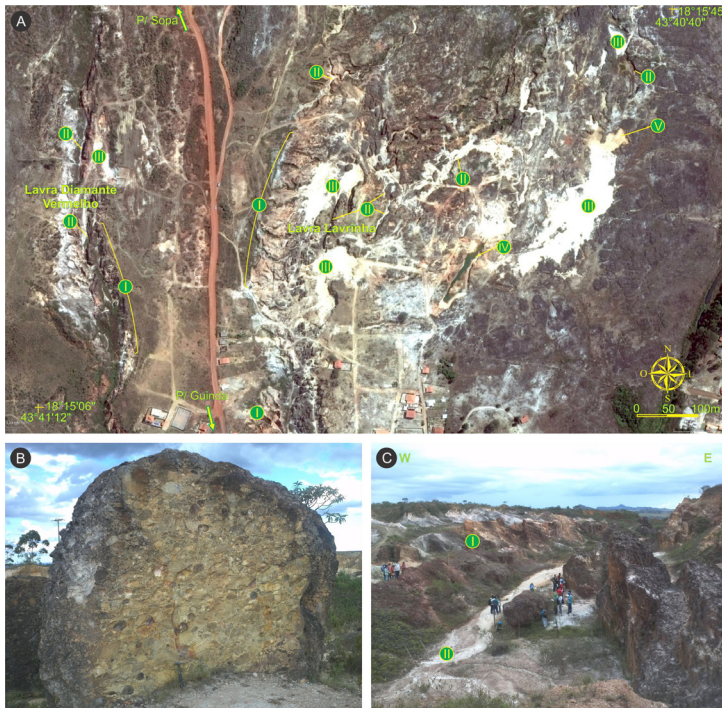


Figura 2. Aspecto geral das lavras desativadas da região de Diamantina (MG). A) Imagem de Satélite (Google Earth®) da região a norte de Guinda, distrito de Diamantina, exibindo duas das principais lavras da região: Lavrinha e Diamante Vermelho. Notar o relevo extremamente irregular no interior da lava, e a ocorrência das seguintes feições, indicadas por números: I – Feições erosivas, II – Canais, III – Sítios de deposição, IV – Corpo d’água perene, V – Corpo d’água sazonal. B) Afloramento de metaconglomerado polimítico da Formação Sopa-Brumadinho no interior da Lavra Lavrinha. O afloramento foi preservado da atividade de lava por apresentar-se extremamente silicificado, enquanto as porções adjacentes, mais friáveis, foram lavradas. C) Interior da Lavra Diamante Vermelho, com destaque para a extrema irregularidade do relevo.

arenosos que os circundam (Fig. 3A).

Como dito anteriormente, os depósitos sedimentares que preenchem os sítios de deposição são, por vezes, cortados por canais. As encostas destes canais muitas vezes apresentam alta declividade e logo começam a ser erodidas, criando a situação ideal para o desenvolvimento de pequenos movimentos de massa (Fig. 3B) bem como e desenvolvimento de leques aluviais (Fig. 3C). No interior das lavras são observados leques em tamanhos diversos (de poucos centímetros a vários metros, dependendo da situação de relevo), muitos deles apresentando os elementos morfológicos típicos. São observáveis, por exemplo, canais encaixados no topo da elevação, drenando áreas com geometria em anfiteatro. Ao desembocar na escarpa, os sedimentos trazidos pelos canais desenvolvem leques com canais distributários, que em algumas situações coalescem com leques vizinhos, já na parte baixa (Fig. 3B).

Estes leques, ao se desenvolverem no interior dos canais incisos no sedimento, são por vezes retrabalhados pelo fluxo aquoso do canal, principalmente durante o período chuvoso. Estes processos, ao ocorrerem juntos, são excelentes exemplos das situações que ocorrem com os grandes leques aluvionares que se desenvolvem nos vales profundos existentes nos Alpes ou nos Himalaias.

Ao longo das lavras, vários canais configuram cursos d’água durante a estação chuvosa. Nestes períodos, podem ser observados diversos processos de natureza fluvial, como a geração de formas de leito por fluxo unidirecional (*ripples* assimétricas, laminação plano-paralela) e seleção granulométrica nos diversos compartimentos do sistema. Assim, é comum observar-se cascalho nas calhas dos cursos d’água enquanto a areia é depositada nas barras, e, mais raramente, o desenvolvimento de pequenas planícies de inundação onde se depositam finas lâminas argilosas. Interessante mencionar que os cursos d’água se desenvolvem em diferentes estilos, podendo ser canais entrelaçados (Fig. 3D) ou, mais comumente, meandantes (Fig. 3E). Nesse caso, ficam extremamente bem marcados os sítios erosivos e deposicio-

nais, com a configuração de paredes íngremes nas partes externas dos meandros e barras arenosas na parte interna dos mesmos (Fig. 3E), onde se pode observar, inclusive, as linhas de acreção lateral das barras de pontal. Adicionalmente, em alguns pontos são observados terraços fluviais bem desenvolvidos, escalonados em vários níveis. A rede de drenagens, no interior das lavras, costumam configurar sistemas tributários, com afluentes de diversas ordens, que podem ser utilizados para exemplificar conceitos relacionados a bacias hidrográficas e hierarquia fluvial.

Em geral, alguns cursos d’água acabam por desaguar nos lagos existentes no interior das lavras. Nestes casos, como o aporte sedimentar é sempre elevado, desenvolvem-se pequenos deltas, que costumam exibir diversos elementos característicos (Fig. 3F). Na área do delta, é comum o desenvolvimento de uma rede de canais distributários, que

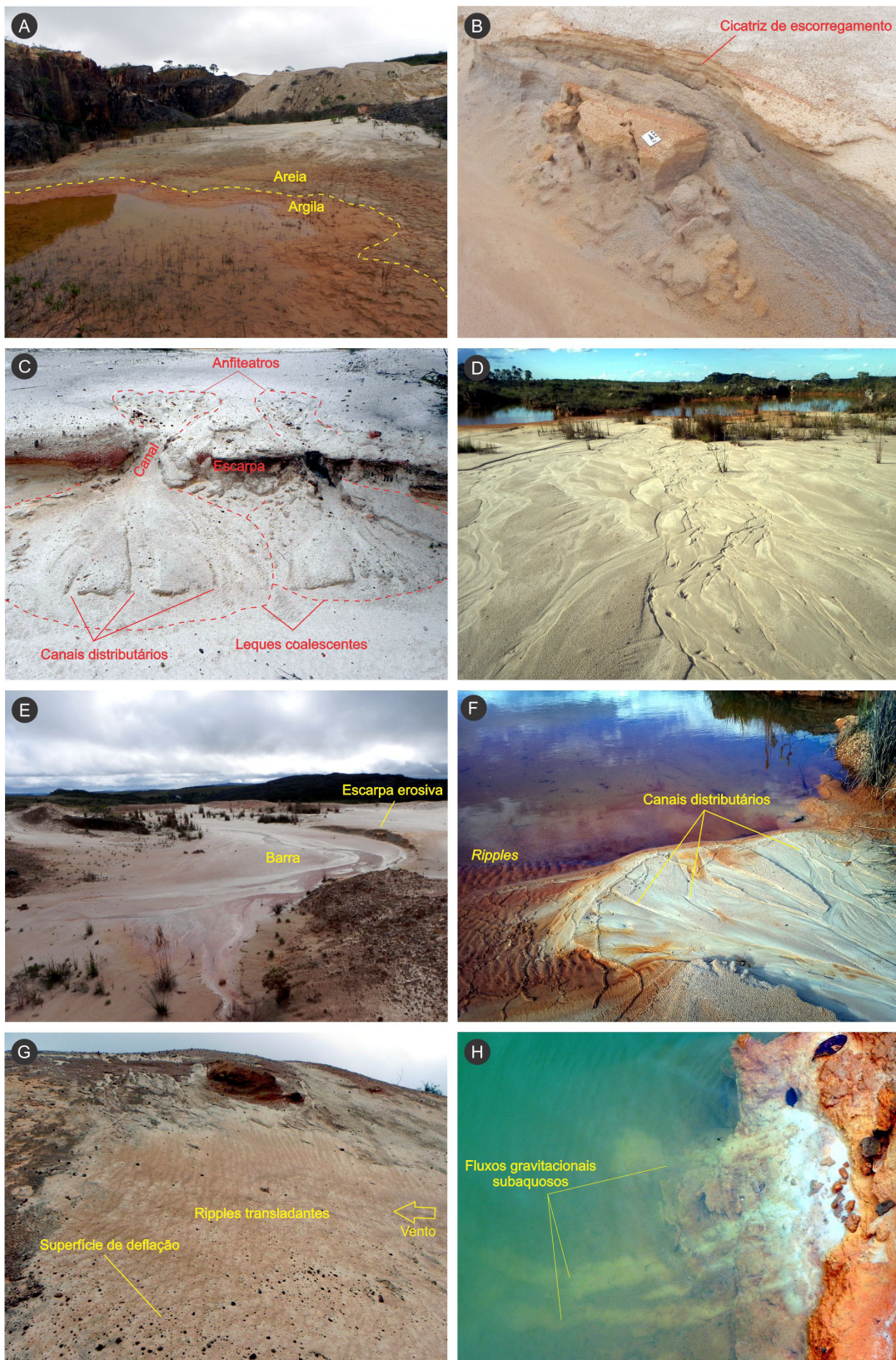


Figura 3. Processos sedimentares observados em diferentes ambientes de sedimentação no interior de lavras desativadas na região de Diamantina (MG). Ver texto para detalhes. A) Lacustres; B) Movimentos de massa; C) Leques aluviais; D e E) Fluviais; F) Deltaicos; G) Eólicos; H) Fluxos gravitacionais subaquosos.

se desmembram do canal principal. Em geral, os deltas são essencialmente arenosos, mas localmente são observados exemplares onde há o desenvolvimento de pequenas planícies deltaicas entre os canais distributários, onde se depositam filmes argilosos. Em perfil longitudinal, pode-se observar a geometria sigmoidal dos depósitos e, em perfil transversal, estruturas indicativas da migração de canais distributários.

Os sítios de deposição costumam configurar áreas abertas no interior das lavras, e por isso são mais sujeitas à ação eólica. Durante a estação seca, são observados processos de deflação em todas estas áreas, com retirada do material fino e consequente concentração de clastos na superfície, quase sempre de quartzo. *Ripples* eólicas ocorrem sempre associadas, por vezes trasladando rampas nas bordas dos sítios deposicionais (Fig. 3G).

Os lagos perenes, em geral, são mais profundos que os sazonais, podendo apresentar até alguns metros de profundidade. É comum a ocorrência de fluxos gravitacionais subaquosos, normalmente configurando línguas arenosas que adentram o lago em suas margens mais íngremes e assentam-se sobre os depósitos argilosos do lago (Fig. 3H).

Com a variação pluviométrica sazonal, são observadas diversas alterações nos processos sedimentares atuantes nas lavras. Nas estações chuvosas, predominam os processos de natureza fluvial, enquanto nas estações secas são observados mais intensamente os processos eólicos. Além disso, nas estações secas ocorre o rebaixamento do nível dos lagos, o que causa alterações substanciais no padrão sedimentar adjacente (Fig. 4A). Nessas épocas, há a migração dos depósitos arenosos em direção ao lago, o que se dá pela ação eólica ou fluvial. São observados grãos de areia trazidos pelo vento que aderem à superfície argilosa e se acumulam na forma de *ripples*. O recuo do nível do lago provoca o desenvolvimento de canais incisos nos depósitos argilosos, que são posteriormente preenchidos por areia (Figs. 4B e C).

Produtos sedimentares

Diversas estruturas sedimentares podem ser observadas nos depósitos encontrados no interior das lavras. As encostas íngremes formadas pela incisão de canais nos depósitos sedimentares oferecem a melhor situação para a visualização de estruturas sedimentares no interior da lavra. Estes cortes, naturais, exibem as estruturas ressaltadas pela diferença de competência eventual existente entre as lâminas, o que não ocorre em cortes artificiais, onde todo o pacote é raspado de forma homogênea. A abertura de cortes artificiais, no entanto, é uma excelente alternativa para visualização de perfis em direções distintas, e também para análise de áreas onde não existem canais incisos.

Nos cortes perpendiculares à máxima inclinação dos depósitos, é comum a ocorrência de estruturas canalizadas. Laminação cruzada nos depósitos de preenchimento dos canais muitas vezes evidencia a migração dos mesmos (Fig. 5A), o que também pode ser observado pelo deslocamento da estrutura em cortes paralelos subsequentes.

Laminação plano-paralela é a estrutura mais comum nos depósitos (Fig. 5C), e pode ter sua origem relacionada a processos de corrente subaquosa em fluxo superior, nos canais mais importantes das lavras, ou em processos eólicos atuantes nos sítios

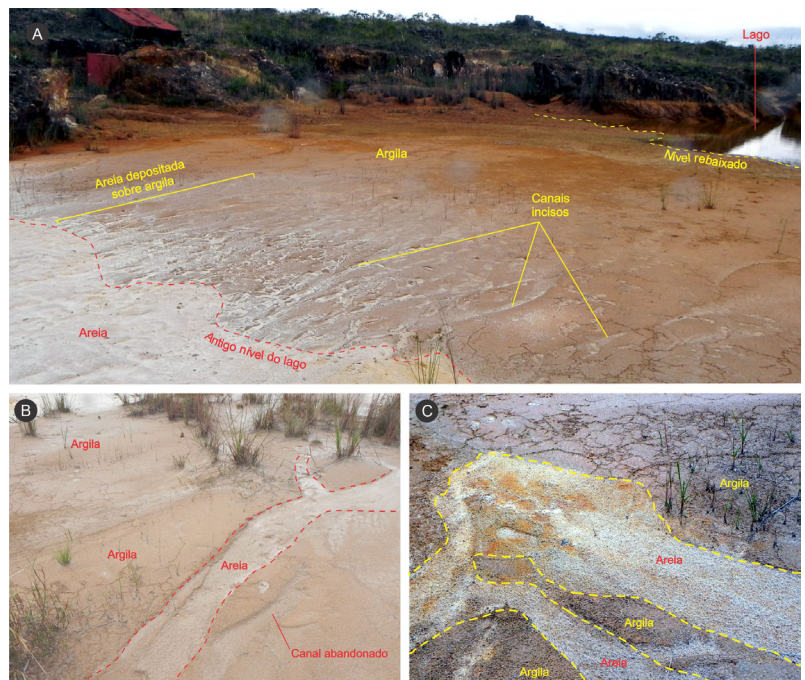


Figura 4. Dinâmica de processos sedimentares no interior da lavra, em resposta ao rebaixamento sazonal do nível de base local. A) Deposição de areia por processos eólicos e fluviais sobre os depósitos argilosos lacustres; B) Detalhe de pequenos deltas arenosos coalescentes, formados na extremidade de canais incisos nos depósitos argilosos lacustres.

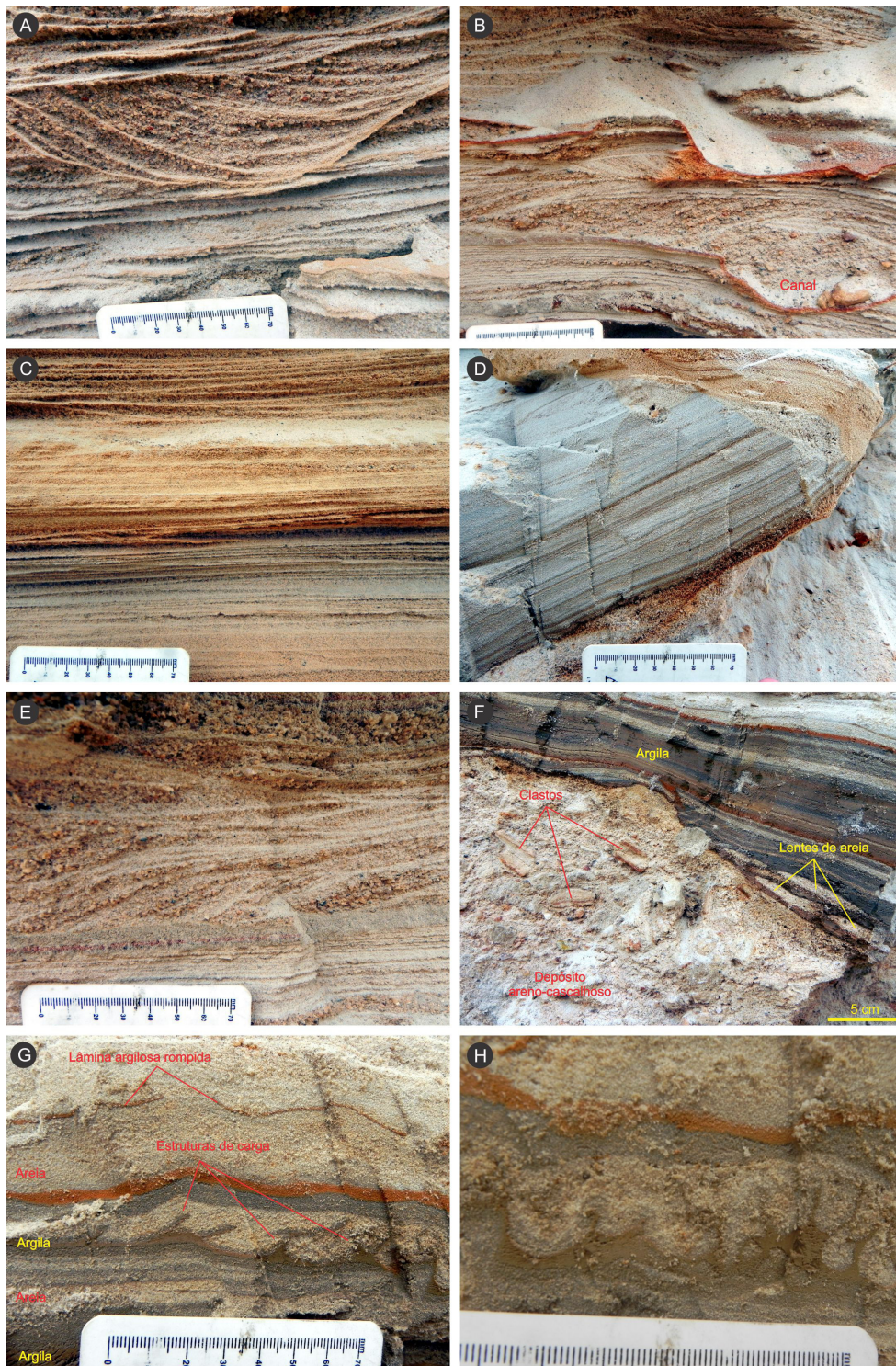


Figura 5. Produtos: Estruturas registradas em depósitos sedimentares no interior das lavras, visíveis em perfis transversais naturais ou artificiais. A) Depósito areno-cascalhoso preenchendo canal, com laminação marcando a migração do canal para a direita da imagem; B) Canal preenchido por sedimento cascalho-arenoso, recoberto por depósito arenoso com laminação plano-paralela e cruzada; C) Laminação plano-paralela; D) Laminação transladante em depósito arenoso eólico; E) Laminação cruzada sigmoidal, registrando o avanço de um pequeno delta arenoso sobre substrato silto arenoso horizontal; F) Depósito areno-cascalhoso recoberto por depósito argilo-arenoso laminado, exibindo lentes de areia; G) Camadas de argila intercaladas em depósito arenoso, exibindo estruturas de carga e lâminas argilosas rompidas; H) Detalhe das estruturas de carga.

de deposição. Neste caso, por vezes são observados depósitos com laminação inclinada, relacionada à migração de *ripples* transladantes nas encostas (Fig. 5D, 3G). Como dito acima, pequenos deltas são bastante comuns no interior das lavras. Quando observados em perfil, exibem laminações cruzadas sigmoidais, que marcam a progradação da frente deltaica (Fig 5E). Estas características permitem a identificação de deltas no registro sedimentar das lavras, em especial nos perfis paralelos à direção dos principais canais.

No registro deposicional das lavras, predominam largamente sedimentos com granulometria areia, mas argila também é observada localmente. Ocorrem depósitos argilosos laminados, com interessantes variações de cor (às vezes de caráter rítmico), que podem ter origem na mudança sazonal dos parâmetros de alteração. Por vezes é possível observar depósitos argilosos recobrimdo, em arranjo *onlap*, depósitos arenosos ou areno-cascalhosos (Fig. 5F). Localmente, são também observadas belas estruturas de carga, formadas pelo fluxo ascendente do material argiloso (Fig. 5G e H).

No interior das lavras são observadas, com mais raridade, estruturas de origem biológica, tais como rastros de organismos (Figs. 6A e B), pegadas de animais e restos vegetais, que podem ser utilizados para discutir condições de fossilização e preservação destas feições no registro sedimentar.

Análise escalar e atualística

A análise dos diversos sítios deposicionais observados no interior das lavras abandonadas deve funcionar como uma importante ferramenta pedagógica, promovendo um ganho na capacidade cognitiva. As observações dos processos de erosão,

transporte e acúmulo de sedimentos, bem como as feições geomorfológicas derivadas, são bastante similares, em menor escala, aos vários ambientes sedimentares atuais (Fig. 7A a G). Neste sentido, pode-se discutir as similaridades entre os processos observados nas diferentes escalas, bem como as diferenças inerentes às mesmas.

Devido ao contexto geológico da região de Diamantina, é possível encontrar na região do entorno das lavras diversos afloramentos onde se pode observar estruturas sedimentares bem preservadas nos quartzitos do Supergrupo Espinhaço (Figs. 8A a D).

Ao realizar o percurso metodológico, apresentando-se de forma didática os processos sedimentares e seus registros no interior da lavra, é possível estabelecer uma grande discussão a respeito dos princípios do atualismo. Em uma análise direta, o aluno pode rapidamente traçar um paralelo entre as feições do registro atual e aquelas impressas nas rochas de idade proterozoica.

Considerações Finais

Lavras desativadas podem constituir, em diversos aspectos, ambientes extremamente didáticos para o ensino de Geociências. Pelas características observadas, é possível promover desde o ensino básico – com alunos de nível fundamental e médio, ou em disciplinas introdutórias de Geociências, na universidade – até o avançado, em disciplinas específicas de Geomorfologia, Sedimentologia e Estratigrafia, em nível universitário. Assim como foi apresentado nos exemplos em Diamantina (MG), as lavras desativadas são áreas restritas onde podem ser observados diversos sítios deposicionais que se desenvolvem a partir dos mesmos processos



Figura 6. Rastros de organismos sob a areia depositada no interior de uma lavra. A) Túneis fechados, em superfície marcada por marcas de pingos de chuva; Túneis abertos, em intrincada geometria.

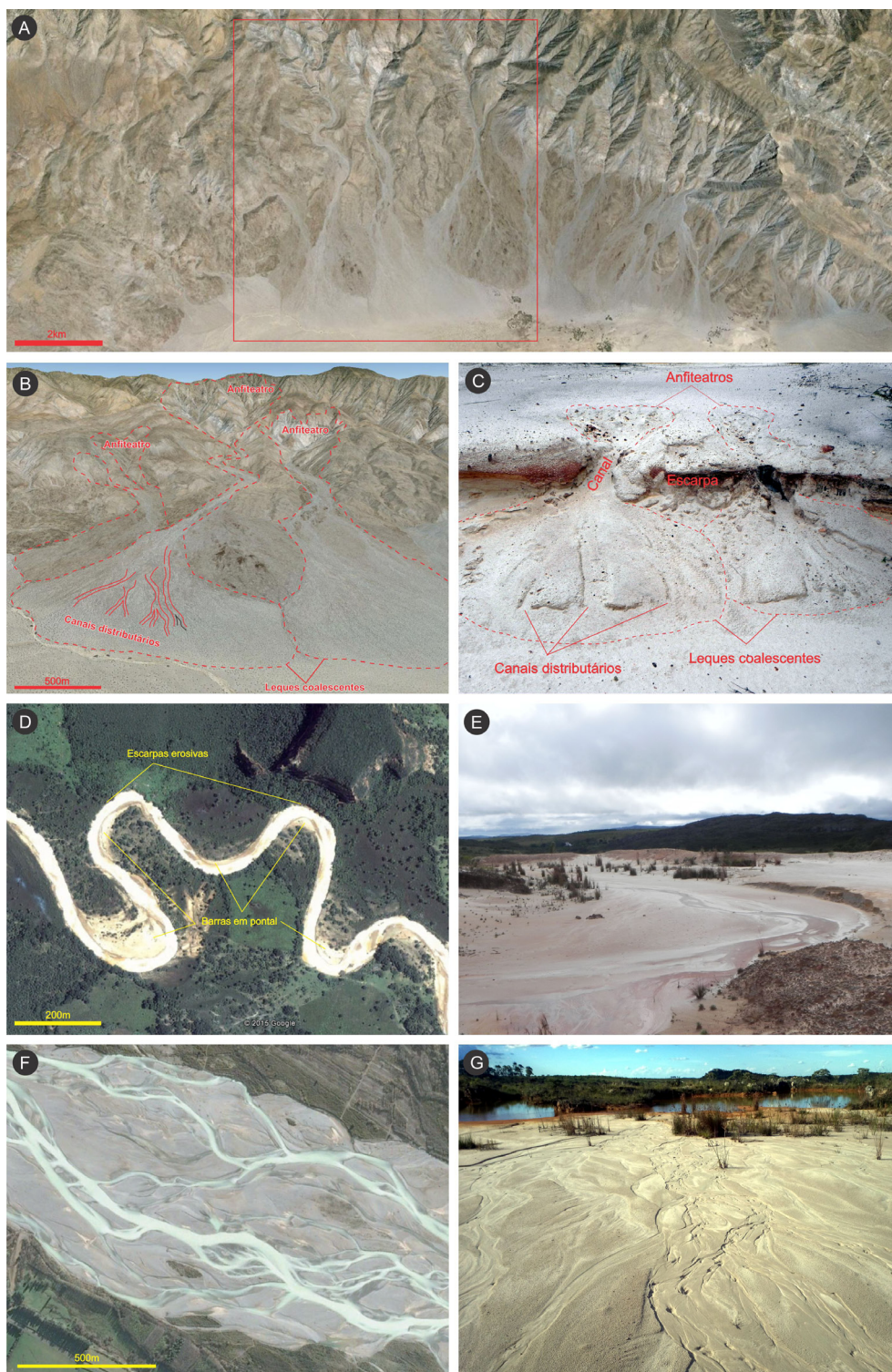


Figura 7. Exemplos de análise escalar a partir das feições observadas nas lavras da região de Diamantina. A) Imagem de satélite das Montanhas Santa Rosa, USA, mostrando o desenvolvimento de um complexo sistema de leques aluvionares; B) Detalhe dos leques observados na figura anterior, com destaque para os elementos morfológicos dos leques; C) Leques observados no interior de uma lava, para comparação; D) Imagem de satélite mostrando o Ribeirão de Areia, curso d'água meandrante de Chapada Gaúcha (MG), com destaque para seus elementos morfológicos; E) Meandro observado no interior da lava, para comparação; F) Imagem de satélite exibindo trecho entrelaçado do Rio Waimakariri, Nova Zelândia; G) Curso d'água meandrante observado no interior da lava, para comparação.

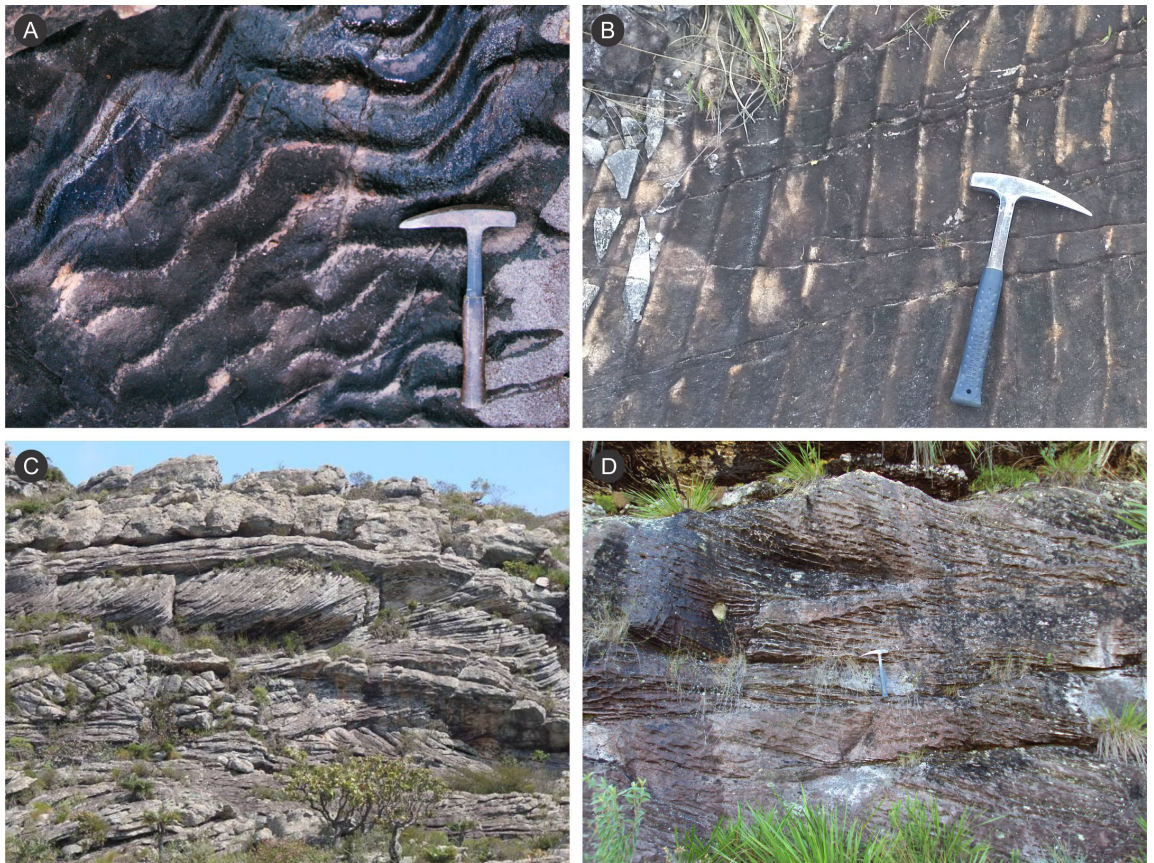


Figura 8. Estruturas sedimentares em quartzitos do Supergrupo Espinhaço na região de Diamantina. A) Ripples assimétricas de crista sinuosa; B) Ripples assimétricas de crista reta; C) Estratificação cruzada tangencial à base, de porte métrico; D) Estratificações cruzadas acanaladas.

observados, em maior escala, nos vários ambientes sedimentares atuais.

O manejo dos sítios deposicionais encontrados no interior das lavras pode oferecer um sem-número de possibilidades metodológicas. Pode-se realizar, nesse sentido, desde visitas pontuais, para observação instantânea das feições, até projetos de médio e longo prazo, visando a observação da dinâmica do sistema em resposta à variação controlada dos parâmetros que governam a sedimentação.

O uso das lavras desativadas, no entanto, deve ser realizado de forma consciente e sustentável, tendo em vista os potenciais problemas ambientais e sociais relacionados. Universidades, escolas e empresas públicas ou privadas deveriam realizar ações intensivas nesses espaços, assumindo a responsabilidade por buscar soluções mitigadoras e regeneradoras para o passivo ambiental e social (o que, por si só, configura excelente oportunidade para pesquisas na área de meio ambiente e ciências sociais) e ao mesmo tempo realizando o uso sustentável do espaço como laboratório natural para o ensino de Geociências.

Referências

- Accioly S.M.L. 2012. *Uso futuro de áreas mineradas e o meio urbano: o caso de Águas Claras*. Belo Horizonte: Inst. Geoc. UFMG. 173p. (Dissert. Mestrado)
- Almeida-Abreu P.A. 1995. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais: o rifte, a bacia e o orógeno. *Geonomos*, 3(1):1-18.
- Almeida-Abreu P.A. 1996. O caminho das pedras. *Geonomos*, 4(1):77-93.
- Chaves M.L.S.C., Meneghetti Filho I. 2002. Conglomerado Diamantífero Sopa, Região de Diamantina, MG: Marco histórico da mineração do diamante no Brasil. In: Schobbenhaus C., Campos D.A., Queiroz E.T., Winge M., Berbert-Born M.L.C. eds. 2002. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM, Com. Bras. Sítios Geol. Paleobiol. (SIGEP). p. 517-527.
- Chaves M.L.S.C., Dupon H., Karfunkel J., Svisero D.P. 1993. Depósitos diamantíferos de Minas Gerais: uma revisão. In: Simpósio Brasileiro de Geologia do Diamante, 1, Cuiabá. Anais..., 1:79-100.
- Chaves M.L.S.C., Karfunkel J., Hoppe A., Hoover D.B. 2001. Diamonds from the Espinhaço Ran-

- ge (Minas Gerais, Brazil) and their redistribution through the geological record. *J. South Am. Earth Sci.*, **14**:277-289.
- Dussin I.A., Dussin T.M. 1995. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos*, **3**(1):19-26.
- Fogaça A.C.C. 1996. *Mapa geológico da Folha Diamantina 1:100.000*. Projeto Espinhaço. COMIG/UFMG.
- Gonçalves C.S. 2012. Diamantina: breve relato de sua formação. *Arq. Urb.*, **8**:38-59.
- Knauer L.G. 2007. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, **15**(1):81-90.
- Knauer L.G., Fogaça A.C.C. 1996. *Mapa geológico da Folha Presidente Kubitschek 1:100.000*. Projeto Espinhaço. COMIG/UFMG.
- Knauer L.G., Grossi Sad J.H. 1996. *Mapa geológico da Folha Serro 1:100.000*. Projeto Espinhaço. COMIG/UFMG.
- Kuchenbecker M., Pedrosa-Soares A.C., Babinski M., Fanning M. 2015. Detrital zircon age patterns and provenance assessment for pre-glacial to post-glacial successions of the Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, Brazil. *Precambrian Research* **266**:12-26.
- Lopes-Silva L., Knauer L.G. 2011. Posicionamento Estratigráfico da Formação Bandeirinha na Região de Diamantina, Minas Gerais: Grupo Costa Sena ou Supergrupo Espinhaço?. *Geonomos* **19**(2):131-151.
- Machado N., Schrank A., Abreu F.R., Knauer L.G., Almeida-Abreu P.A. 1989. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. In: Anais do Simp. Geol. Minas Gerais, 5, 2007., v. 5, p. 171-174.
- Marcondes F^o., E., Batista G.T., Targa M.S., Soares P.V. 2007. O uso futuro das áreas de mineração de areia no sub-trecho compreendido entre Jacaré e Pindamonhangaba, SP e sua inserção na dinâmica local e regional. Anais do Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté-SP, **1**:139-146.
- Matta P.M. 2006. *O garimpo na Chapada Diamantina e seus impactos ambientais: uma visão histórica e suas perspectivas futuras*. Salvador: UFBA. 214p. (Dissert. Mestrado)
- Noce C.M., Fogaça A.C.C. 1996. *Mapa geológico da Folha Curimataí 1:100.000*. Projeto Espinhaço. COMIG/UFMG.
- Pedrosa-Soares A.C., Babinski M., Noce C. M., Martins M., Queiroga G., Vilela F., 2011. The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuaí orogen, SE Brazil) with emphasis on the diamictite formations. In: Arnaud, E., Halverson, G.P., Shields-Zhou, G. (Org.). The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations. *Memoir of the Geological Society of London*, **36**:523-534.
- Roque N.C., Noce C.M., Grossi Sad J.H. 1996. *Mapa geológico da Folha Carbonita 1:100.000*. Projeto Espinhaço. Comig/UFMG.
- Santos L.T.S.O., Vasconcelos M.P., Rodrigues D.P., Nolasco M.C., Jesus T.B. 2010. Conseqüências da atividade garimpeira de diamante na Bacia do rio Coisa Boa, vila de Igatu - Andaraí - BA. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, **10**(2):1-11.
- Schöll W.U., Fogaça A.C.C. 1979. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina. In: Anais do Simpósio de Geologia de Minas Gerais, **1**:55-73.
- Tupinambá M., Baars F.J., Uhlein A., Grossi Sad J.H., Knauer L.G. 1996. *Mapa geológico da Folha Rio Vermelho 1:100.000*. Projeto Espinhaço. COMIG/UFMG.

RESUMO: O fechamento inconsequente de empreendimentos de mineração constitui um tema atual de preocupação ambiental e social, o que tem levado à crescente discussão a respeito dos "usos futuros de áreas mineradas". Neste trabalho, apresenta-se o grande potencial didático de algumas lavras desativadas, e propõe-se sua utilização enquanto laboratórios naturais para o ensino de Geociências. Utiliza-se, para tanto, o exemplo de Diamantina (MG), onde abundam antigas lavras de diamante, há muito desativadas. No interior de lavras desativadas é frequente a instalação de sistemas sedimentares dinâmicos, onde vários processos diferentes atuam simultaneamente. Nestes sistemas, observam-se processos e produtos sedimentares em diferentes ambientes e contextos, o que configura a situação ideal para o ensino básico e avançado de temas relacionados à sedimentologia, estratigrafia e geomorfologia. Através das feições observadas, é possível a realização de uma profunda análise escalar, discutindo-se diferenças e similaridades com ambientes de sedimentação em tamanho real. Além disso, a existência simultânea nas lavras de processos, produtos recentes e estruturas sedimentares antigas oferece uma excelente oportunidade para a discussão dos princípios do atualismo.

PALAVRAS-CHAVE: potencial didático, Diamantina, sedimentologia, estratigrafia