

16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

RISCOS GEOLÓGICOS ASSOCIADOS AOS MOVIMENTOS DE MASSA NAS FALÉSIAS DA COSTA DO DESCOBRIMENTO, BAHIA

Sasha Kaline Botelho¹

Carlos César Uchôa de Lima²

Resumo

Este trabalho identifica os movimentos de massa que ocorrem nas falésias da Formação Barreiras (Neógeno), entre as localidades de Arraial D'Ajuda e Trancoso, costa do Descobrimento, sul da Bahia. Em nossos estudos de campo, realizamos uma descrição detalhada das falésias, levando em consideração a textura, composição mineralógica, estruturas presentes, além do grau de compactação dos sedimentos. Os resultados apontaram para dois domínios faciológicos. O primeiro deles ocorre em muitos locais na porção basal das falésias e é dominado por arenitos maciços compactados mal selecionados, variando de areia fina a muito grossa, com grânulos e pequenos seixos imersos, composto principalmente de quartzo e feldspato. O segundo domínio é constituído por uma intercalação de camadas arenosas e argilosas de cores variadas, bastante friáveis. As areias variam de mal a moderadamente selecionadas, podendo apresentar estratificação cruzada. Nos dois domínios faciológicos foram observadas áreas com maior concentração de juntas tectônicas e alguns falhamentos, com rejeito de até dois metros. Os principais movimentos de massa observados foram quedas e tombamentos de blocos, associados ao primeiro domínio faciológico, onde os blocos deslocados variam em diâmetro de poucos centímetros até mais que três metros. Deslizamentos de detritos ocorrem associados ao domínio faciológico constituído por intercalações de areias e sedimentos finos friáveis. Os movimentos de massa observados ocorrem mais comumente onde a densidade de juntas tectônicas é maior, embora para os sedimentos mais friáveis, os deslizamentos de terra possuam também como desencadeadores, a friabilidade dos sedimentos, associados à alta pluviometria da área e a ação das ondas.

Palavras-Chave: Movimentos de massa, juntas tectônicas, riscos geológicos.

Abstract

This work identifies mass movement occurring on sea cliffs of the Barreiras Formation (Neogene), between the localities of Arraial D'Ajuda and Trancoso, Discovery Coast, south of the state of Bahia. In our field studies, we performed a detailed description of the cliffs, taking into account the texture, mineralogical composition, structures, and sediment coherence. The results pointed to two faciological domains. The first occurs in many places in the basal portion of the cliffs and is dominated by poorly selected compacted massive sandstones ranging from fine to very coarse sand with immersed granules and small pebbles and composed mainly of quartz and feldspar. The second domain consists of an intercalation of friable sandy and clayey layers with varied colors. The sands are poorly to moderately selected, and may present cross stratification. In both faciological domains, areas with a higher concentration of tectonic joints and some faults were observed, with displacement up to two meters. The main mass movements observed were rockfalls, associated to the first faciological domain, where the displaced blocks vary in diameter from a few centimeters to more than three meters. Landslides occur associated to the faciological domain constituted by sand intercalations and friable fine sediments. The observed mass movements occur more commonly, where the density of tectonic joints is greater, although for the most friable sediments, landslides also have as triggers, the friability of the sediments, associated to the high rainfall of the area and the action of the waves .

Key-Words: Mass movements, tectonic joints, geological hazards.

¹ Estudante de Engenharia Civil, bolsista IC/UEFS. sashaksbotelho@gmail.com

² Doutor em Geologia, Professor Pleno UEFS, uchoamaster@gmail.com

1 – INTRODUÇÃO

Movimentos de massa ou fluxos gravitacionais de sedimentos, regolito e rochas, têm sido estudados tanto para as áreas urbanas, como para as margens de diversas rodovias. Esses estudos baseiam-se na premissa de que, sendo agentes da evolução da paisagem, os movimentos de massa se constituem nos principais riscos geológicos de cidades topograficamente acidentadas, bem como, podem provocar acidentes e interrupções no tráfego ao longo de rodovias.

Embora movimentos de massa sejam muito estudados em áreas urbanas e ao longo de rodovias, poucos são os estudos associados a falésias (Santos Jr. et al., 2005). Entende-se por falésias, paredões rochosos de faces abruptas, formadas pela ação erosiva das ondas sobre as rochas (Sugiuo, 1998) e, por isso, podem estar sujeitas a constantes processos como erosão que geram a ocorrência de deslizamentos e por consequência o recuo das encostas. Na Costa do Descobrimento, encontram-se falésias podem atingir até 40m de altura e são em parte caracterizadas como falésias ativas, ou vivas, onde suas bases estão constantemente expostas à ação das ondas e também aos processos erosivos provocados pela alta pluviosidade do sul do Estado da Bahia.

Os sedimentos que compõem as falésias da Costa do Descobrimento são pertencentes a Formação Barreiras, que data do Neógeno (Lima et al., 2006; Lima e Dominguez, 2015). Lima et al. (2006) fizeram uma descrição das litofácies presentes na Costa do Descobrimento, identificando o predomínio de arenitos, folhelhos e siltitos e, secundariamente, aparecendo os conglomerados. Como estruturas geológicas mais abundantes, encontram-se as juntas tectônicas em pares conjugados de direções NW-SE e NE-SW (Lima et al., 2006).

Apesar de abrigar as cidades de Santa Cruz de Cabrália, Porto Seguro e Prado, a Costa do Descobrimento possui dezenas de quilômetros sem áreas urbanas, ocupada principalmente por empreendimentos de hotelaria e onde o fluxo turístico leva uma grande quantidade de visitantes, que têm nas praias as principais áreas de lazer. Este trabalho visa identificar os movimentos de massa que ocorrem nas falésias da Formação Barreiras, entre as localidades de Arraial D'Ajuda e Caraíva, Costa do Descobrimento, sul da Bahia, analisando de forma semiquantitativa, os riscos geológicos associados à instabilidade das falésias e aos movimentos de massa associados.

2 – ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está localizada no litoral sul do Estado da Bahia entre as localidades de Arraial D'Ajuda e Caraíva, pertencentes ao Município de Porto Seguro (Fig. 1). Os tabuleiros Costeiros constituem o principal domínio geomorfológico da área e, ao atingirem a linha de costa, originam as falésias, que se prolongam por dezenas de quilômetros e podem ultrapassar os 40 m de altura.

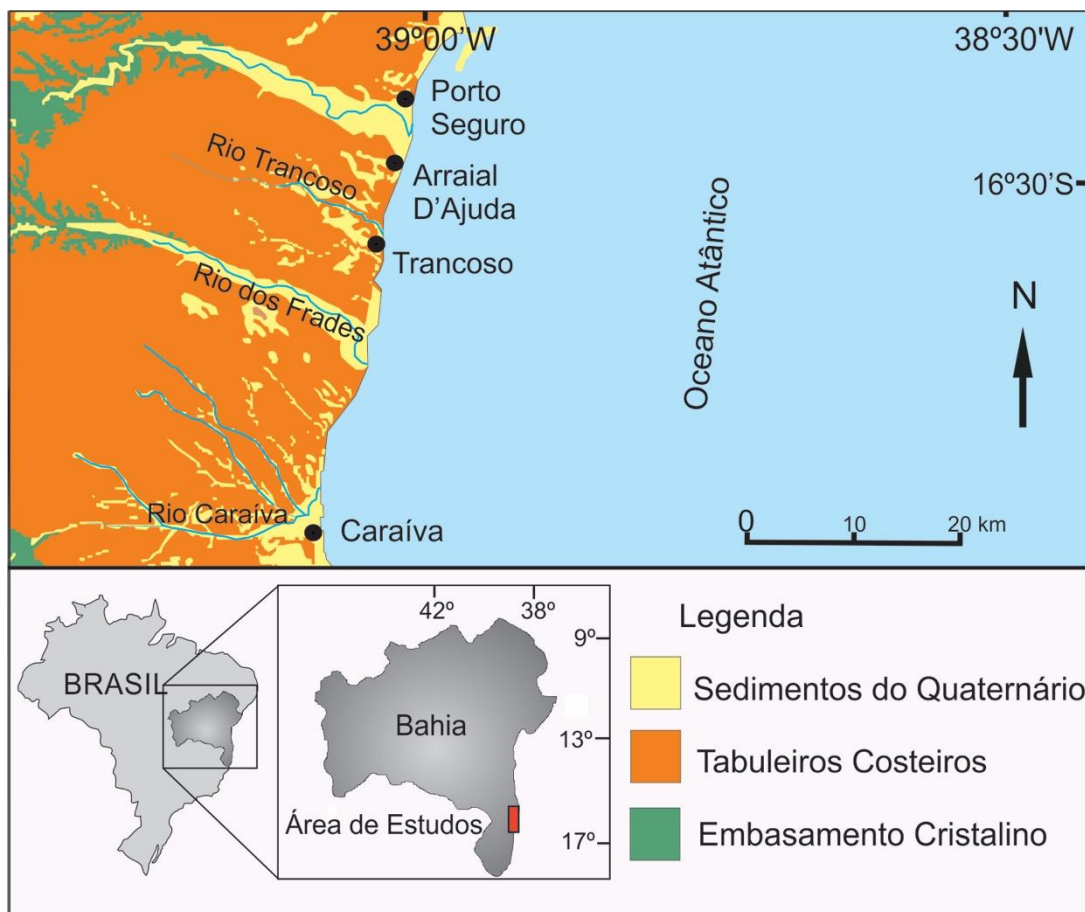


Figura 1 – Localização da área estudada. Os Tabuleiros Costeiros são constituídos por sedimentos da Formação Barreiras que data do Neógeno. As falésias estudadas se originam quando os tabuleiros alcançam as áreas litorâneas (Modificado de Lima e Dominguez, 2015).

3 – MÉTODOS

Para que os objetivos traçados fossem alcançados, foi realizado um levantamento bibliográfico detalhado, com ênfase nos aspectos geológicos e geomorfológicos da área estudada, bem como sobre movimentos de massa que ocorrem em encostas constituídas de rochas sedimentares e, principalmente, em falésias. Além disso, foram levantados artigos que abordam a neotectônica em áreas costeiras, enfatizando a avaliação de riscos geológicos nessas áreas. Do mesmo modo, foi indispensável o reconhecimento da área através de idas ao campo, onde foi realizado o estudo de áreas nas quais existem registros de movimentos de massa e uma descrição das falésias, levando-se em consideração a textura e mineralogia, além das estruturas geológicas que pudessem agir como zonas de fragilidades para a ocorrência de movimentos de massa.

Durante todo o trabalho de campo foram registrados e marcados com GPS os pontos de ocorrência desses movimentos. Para a medição de estruturas sedimentares primárias, bem como das juntas tectônicas, foi utilizada uma bússola geológica de Brunton. O registro fotográfico das estruturas também foi realizado e, a partir do que foi registrado em campo, feita a análise dos dados coletados.

A fim de realizar, da mesma maneira, a aplicação de técnicas de análise de risco, foi necessária a utilização de uma ferramenta de avaliação semi-quantitativa de riscos geológicos associando-os com os parâmetros locais encontrados. Assim, foi utilizada a metodologia proposta por Brissos et al. (2014) para a determinação do índice preliminar de risco de instabilidade de falésias, que possibilita indicação do índice de risco (IR) através de uma categorização numérica

de termos como Perigosidade (P) e Vulnerabilidade (V) (Brissos et al., 2014), com a aplicação da seguinte equação:

$$\text{Índice de Risco (IR)} = \frac{\text{Probabilidade de ocorrência (PO)} \times \text{Magnitude (M)} \times \text{Dano potencial (D)}}{\text{Capacidade de resposta (C)}}$$

Onde a Perigosidade é definida por (PO x M) e a Vulnerabilidade por (D/C). Importante salientar que cada termo da equação foi categorizado de acordo com a significância: não significativa, reduzida, média, elevada e muito elevada, numa escala variando de 1 a 5 respectivamente. Os resultados podem variar de 0,2 a 125 e são recalculados para valores que estejam entre 0 e 1, considerando assim, dentro desse intervalo, os valores de risco correspondentes ao perigo analisado. (Brissos et al., 2014, Fernandes et al., 2016)

De acordo com o que foi apresentado por Brissos et al. (2014), para categorizar esses parâmetros, necessitamos da coleta de informação técnica e aferição pericial das características relacionadas aos mesmos, obtidos a partir das observações de campo. Para categorizar a probabilidade de ocorrência (PO) e magnitude (M) foram observadas características como litologia e estrutura, identificação de blocos deslocados na base das falésias, ocorrência de percolação de água, bem como grau de fraturas e identificação de figuras instáveis. Já para o dano potencial, avaliamos quesitos relacionados a pessoas e bens no alto ou na base das falésias, bem como a presença de infraestruturas, o estado e tipo de acessibilidade às áreas estudadas. Finalmente, para o parâmetro da capacidade de resposta observamos quesitos acerca das características da vegetação, e outros quando presentes como visibilidade da sinalização, sistemas de contenção e perímetros de segurança (Fernandes et al., 2016).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dois domínios faciológicos foram identificados nos trabalhos de campo. O domínio 1 ocorre na porção basal das falésias e é dominado por arenitos maciços compactados mal selecionados, variando de areia fina a muito grossa, com grânulos e pequenos seixos imersos, composto principalmente de quartzo e feldspato. O domínio 2 é constituído por uma intercalação de camadas arenosas e argilosas de cores variadas, bastante friáveis. As areias variam de mal a moderadamente selecionadas, podendo apresentar estratificação cruzada. A partir da observação de inúmeros afloramentos ao longo da linha de costa estudada pudemos constatar a ocorrência de maneira predominante de dois tipos de movimentos de massa:



Figura 2 (a/b) – Vários blocos de arenitos quartzo-feldspáticos, caídos próximos as falésias estudadas. São observadas juntas tectônicas, que se constituem em fragilidades ao longo das quais os blocos se desprendem e caem.



Figura 3a – Falésia da área estudada na qual se pode verificar os planos de fratura bem definidos ao longo da linha da própria falésia, se apresentando como pontos de fragilidade que influem para a ocorrência dos movimentos de massa.

Figura 3b – Deslizamento de terra carregando alguns blocos de pequeno diâmetro identificado na falésia.

4.1 - Queda e tombamento de blocos

Este tipo de movimento de massa ocorre de maneira ampla ao longo das falésias na área estudada, sendo mais comum em pontos nos quais tanto a densidade quanto a persistência das juntas tectônicas são maiores (Figura 2a e 3). Em relação à litologia, as rochas predominantes são arenitos quartzo-feldspáticos em matriz silto-argilosa, que apresentam granulometria variando de areia fina a muito grossa, com grânulos e pequenos seixos imersos. Os grãos são texturalmente imaturos, variando de angulosos a subarredondados, o que aponta para transportes curtos e soterramento rápido (Lima et al., 2006). Além disso, o arenito analisado encontra-se rígido, o que, segundo Lima et al., 2006, resulta de uma cimentação com sílica.

As juntas observadas são resultantes de uma tectônica pós Neógeno, o que aponta para uma atuação da neotectônica (Lima et al., 2006). Tais planos de fratura, associados a verticalidade dos taludes e ao clima quente e úmido da região influem de maneira significativa para a ocorrência de quedas e tombamentos de blocos. Tornou-se possível, desta forma, associar o alto índice pluviométrico aos movimentos de massa, já que a percolação da água, em períodos chuvosos por entre as fraturas presentes, ajuda tanto na abertura dessas juntas, quanto no deslocamento e queda de blocos rochosos. Isso também foi relatado por pesquisadores em estudos realizados em falésias no litoral do Rio Grande do Norte. A presença das juntas em associação com a pressão exercida pela água que as preenche atuam de modo a expulsar o bloco do talude (Santos Jr. et al, 2009). Na nossa área de estudos, houve desprendimento de blocos com diâmetros variados, desde poucos centímetros a 3,5 metros os quais foram encontrados posicionados na base das falésias (Figura 2b).

4.2 - Deslizamentos de terra

Os deslizamentos de terra vão ocorrer associados ao segundo domínio faciológico que se apresenta mais friável e menos compactado aparecendo sobreposto aos arenitos rígidos. Nesse caso, a alternância de camadas arenosas e argilosas mais friáveis associadas às juntas, retem mais água, aumentando o peso dos sedimentos, o que facilita os deslizamentos (Figura 3b). Os estudos de Santos Jr. et al, (2009) evidenciam também escorregamentos em situação

semelhante, onde a exposição de taludes a longos períodos chuvosos pode culminar em seu rompimento. Desta maneira, as falésias tornam-se suscetíveis a deslizamentos como consequência da perda de resistência do solo causada pelo aumento do teor de umidade do mesmo desencadeando deslizamento destes detritos.

O fato de nem sempre os detritos caídos serem observados, está relacionado à ação das ondas que, além de facilitar o processo de deslizamento, acabam por retirar, nos períodos de maré alta, os sedimentos caídos, retrabalhando-os e distribuindo-os ao longo das praias.

4.3 - Avaliação dos riscos geológicos

Os riscos geológicos associados às falésias estudadas estão relacionados diretamente aos movimentos de massa previamente descritos. Assim, com o intuito de direcionar as informações deste trabalho para população e órgãos responsáveis, foi realizada uma avaliação dos riscos geológicos baseada nas características físicas e fragilidades estruturais das falésias, bem como os tipos de movimentos de massa identificados que podem afetar a população local e sazonal que veicula na área estudada. Esta avaliação foi feita de maneira semiquantitativa, a partir da geração do índice de riscos de acordo com as observações feitas em campo.

Assim, avaliando o trecho observado para o estudo, caracterizamos um índice preliminar dos riscos partindo da análise dos parâmetros previstos. No que diz respeito a probabilidade de ocorrência e a magnitude, devemos categorizá-los de maneira mais elevada, variando de 4 a 5, uma vez que pudemos constatar em inúmeros afloramentos uma maior presença de queda ou tombamento de blocos, combinado também com o aparecimento, mesmo que em menor proporção, de deslizamentos de terra. Ambos, como explicitado anteriormente, são resultado de um alto grau de fraturação para o domínio faciológico 1 (Figuras 2b e 3) e alta friabilidade dos sedimentos, para o domínio faciológico 2, associado ao alto índice pluviométrico que permite a percolação de água e encharcamento do terreno. Registros de queda de blocos também foram identificados a partir da presença de grandes blocos na base das falésias (Figuras 2a e 2b). Quanto ao dano potencial, não pudemos defini-lo como elevado, mantendo-o, portanto, com categorização variando entre reduzida e média, em razão do baixo índice de infraestruturas na área, bem como baixa incidência de residências, bens e pessoas tanto na base quanto no topo das falésias. Entretanto, esse quadro muda nos períodos de veraneio em decorrência da população sazonal presente, o que pode alterar, mas não de forma significativa, o impacto. No que se refere à capacidade de resposta, categorizamos a partir da vegetação presente em alguns poucos pontos do trecho, em conjunto com a ausência de sistemas de contenção, bem como de sinalização e perímetros de segurança, chegando a uma categoria entre não significativa e reduzida. Aplicando a fórmula, temos então:

	PO	M	D	C	Perigosidade Aparente	Vulnerabilidade	IR
<i>Avaliação preliminar de risco</i>	5	4	3	1	20	3	0.48

Com base nesta avaliação atinge-se um risco semiquantificado classificado como médio para os parâmetros apresentados pela área.

5 – CONCLUSÃO

Os estudos realizados na região de Trancoso à Arraial D'Ajuda permitiram identificar e categorizar os movimentos de massa atuantes nas falésias presentes na área. Assim, a partir da observação e análise das características das mesmas, recolhemos informações que exibem influência do neotectonismo a partir da existência dos planos de fratura, e da composição e disposição dos taludes. Tais conhecimentos permitiram uma análise dos riscos geológicos associados à área e aos movimentos de massa atuantes, levando a concluir que este trecho, de

modo mais geral, encontra-se suscetível aos riscos da instabilidade das falésias, exibindo um índice de risco médio, calculado semiquantitativamente com base nos parâmetros examinados em campo. Finalmente, este trabalho serve como indicativo de alerta e abre caminho para outros estudos mais aprofundados e uma análise acerca da implementação de medidas de mitigação de risco bem como da monitoração dos mesmos a fim de evitar consequências danosas à população.

6 - REFERÊNCIAS

- BRISSOS, J. et al. 2014. Avaliação do risco de instabilidade de arribas no trecho costeiro Sines-Zambujeira do Mar. **Comunicações Geológicas**, Porto, Portugal, p. 883-887, jan.
- FERNANDES, C.; BRISSOS, J.; SÁ CAETANO, P. 2016. Avaliação de risco associado a instabilidade de arribas em praias urbanas. In: Conferência Internacional de Riscos Urbanos, Lisboa, Portugal.
- LIMA, C.C.U. 2010. Evidências da ação tectônica nos sedimentos da Formação Barreiras presentes do litoral de Sergipe e ao norte da Bahia. *Revista de Geografia*. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO 1, 140-151.
- LIMA, C.C.U., VILAS-BÔAS, G.S., BEZERRA, F.H.R., 2006. Faciologia e Análise Tectônica Preliminar da Formação Barreiras no Litoral Sul do Estado da Bahia. *Geologia USP, Série Científica* 6, 71–80.
- LIMA, C. C. U; DOMINGUEZ, J.M.L., 2015. Discovery Coast: The Brazilian Landscapes First Sighted by Europeans. In: VIEIRA, B.C., SALGADO, A.A.R., SANTOS, L.J.C. Eds. *Landscape and Landforms of Brazil*. Cap 19. Springer: World Geomorphological Landscapes, p. 45-54.
- SANTOS JR., O. F. et al. 2005. Avaliação de Processos Erosivos de Falésias em Pirangi do Norte, Parnamirim – RN. In: IV Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas (anais), Salvador.
- SUGUIO, Kenitiro. *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998.