

Dinâmica sedimentar quaternária em bacia litorânea da Costa Verde (RJ) *Quaternary sedimentary dynamics in coastal basin of Costa Verde (RJ)*

Fabiana Peres de Freitas^{ac} , Telma Mendes da Silva^{ad} , Ricardo Vaz Leite^{ae} , Fabiana Monteiro de Oliveira^{bf} , Kita Chaves Damasio Macario^{bg} 

^aUniversidade Federal do Rio de Janeiro, ^bUniversidade Federal Fluminense

^cfabianafreitas.uffrj@gmail.com, ^dtelmageo@gmail.com, ^ericardovazleite@gmail.com, ^ffabianaoliveira@id.uff.br,

^gkitamacario@id.uff.br



© 2026 The authors. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons license.

Resumo

A reconstrução da evolução do relevo em regiões de trópicos úmidos, como o sudeste brasileiro, apresenta-se particularmente complexa devido às múltiplas e frequentes mudanças climáticas ocorridas durante o Quaternário, especialmente no Holoceno. A bacia do rio Japuíba (RJ), situada nos contrafortes da Serra da Bocaina, apresenta transição brusca entre relevos abruptos, planícies fluviais e fluviomarinhas. Este estudo buscou reconstituir sua complexa história evolutiva quaternária, devido às frequentes mudanças climáticas holocênicas. A metodologia baseou-se em perfis sedimentológicos detalhados e datação por radiocarbono (¹⁴C) de paleossolos preservados em terraços fluviais. Os resultados revelaram uma sucessão deposicional continental, registrando distintas fases de evolução da paisagem. Identificou-se uma fase inicial de intenso entalhamento fluvial, associado a eventos tectônicos neogênicos e sedimentação quaternária. Posteriormente, a evolução passou a ser controlada por oscilações climáticas, onde períodos de clima úmido, com expansão da vegetação e pedogênese ativa (formação de horizontes A orgânicos), alternavam-se com fases mais secas e sazonais. Estas foram marcadas por eventos de enxurrada, que promoveram intensa erosão nas encostas e expressiva sedimentação no fundo do vale, soterrando paleossolos em formação (um deles datado em 2376 ± 71 anos AP). O retorno a condições úmidas concentrou fluxos hídricos, causando novo episódio de incisão e formação do terraço superior (T1). Novos pulsos de regime climático seco desencadearam outro ciclo de aggradação, depositando espessos sedimentos, sobre os quais desenvolveu-se um solo datado em 442 ± 57 anos AP. O retorno a condições úmidas estabilizou a paisagem, resultando em um último evento de incisão e formação do terraço inferior (T2). A paisagem da bacia foi, portanto, moldada por ciclos climáticos milenares a centenários, que alternam aggradação e pedogênese com episódios de incisão fluvial, demonstrando a intensidade dos mecanismos evolutivos em áreas tropicais úmidas, mesmo em curtos intervalos de tempo no Holoceno.

Palavras-chave: Sistemas fluviais; Datação por radiocarbono; Sedimentação quaternária; Regime climático.

Abstract

The reconstruction of landform evolution in humid tropical regions, such as the Brazilian southeast, is particularly complex due to the multiple and frequent climatic changes that occurred during the Quaternary, especially in the Holocene. The Japuíba River basin (RJ), located on the foothills of the Serra da Bocaina, exhibits an abrupt transition between steep landforms, fluvial plains, and fluviomarine plains. This study aimed to reconstruct its complex Quaternary evolutionary history, driven by the frequent Holocene climatic changes. The methodology was based on detailed sedimentological profiles and radiocarbon (¹⁴C) dating of paleosols preserved in fluvial terraces. The results revealed a continental depositional succession, recording distinct phases of landscape evolution. An initial phase of intense fluvial incision was identified, associated with Neogene tectonic events and Quaternary sedimentation. Subsequently, the evolution became controlled by climatic oscillations. Periods of humid climate, with vegetation expansion and active pedogenesis (formation of organic A horizons), alternated with drier, more seasonal phases. The latter were marked by flash flood events, which promoted intense erosion on the slopes and significant sedimentation on the valley floor, burying paleosols in formation (one of them dated to $2,376 \pm 71$ years BP). The return to humid conditions concentrated water flows, causing a new episode of incision and the formation of the upper terrace (T1). New pulses of dry climatic regime triggered another cycle of aggradation, depositing thick sediments, upon which a soil dated to 442 ± 57 years BP developed. The return to humid conditions stabilized the landscape, resulting in a final incision event and the formation of the lower terrace (T2). The basin's landscape was, therefore, shaped by millennial to centennial climatic cycles, which alternate aggradation and pedogenesis with episodes of fluvial incision, demonstrating the intensity of evolutionary mechanisms in humid tropical areas, even over short time intervals within the Holocene.

Keywords: Fluvial systems, Radiocarbon dating, Quaternary sedimentation, Climate regime.

1. Introdução

A investigação evolutiva de bacias hidrográficas busca compreender os processos que atuam em diferentes escalas espaciais e temporais, controlando taxas de erosão e sedimentação. Nesse contexto, a análise integrada da forma do relevo, dos materiais constituintes e dos processos pretéritos e atuais torna-se fundamental; uma vez que a evolução da paisagem é influenciada não apenas pelo clima e pela tectônica, mas também por fatores locais, como a cobertura vegetal e a ação antrópica (Gomez & Jones 2010). O sistema fluvial desempenha, portanto, papel central nessa dinâmica, atuando como agente morfogenético primário na esculturação do relevo (Christofolletti 1980).

A bacia hidrográfica estudada, formada pelos rios Japuíba e Cabo Severino, localiza-se no município de Angra dos Reis (RJ). A evolução geológica da região está vinculada à ruptura do Gondwana e à formação do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), eventos que provocaram significativas reorganizações na drenagem e no relevo (Riccomini et al. 2010). Reativações tectônicas cenozoicas resultaram em soerguimentos e subsidência, gerando um relevo contrastante, com serras escarpadas e vales profundos, que favorecem a rápida concentração de fluxos de água e sedimentos.

A morfodinâmica da bacia do rio Japuíba é caracterizada pela capacidade de remover e transportar eficientemente a carga sedimentar, além de possuir presença de vales estreitos e profundos, que propiciam corrente dos fluxos d'água rápidas ao longo dos fundos de vale.

Este trabalho tem como objetivo reconstituir o processo de sedimentação quaternária por meio de análises sedimentográficas e datações por radiocarbono propondo um modelo evolutivo esquemático da paisagem.

A bacia foi selecionada devido à sua representatividade na região, sendo constituída por escarpas serranas em contato brusco com feições suaves de planícies fluviais e/ou fluviomarinhas, e, portanto, servindo como um modelo evolutivo da região em que se insere. A compreensão evolutiva da área, com reconhecimento de trechos da bacia de dinâmicas pretéritas diferenciadas, é informação importante para compreensão da dinâmica erosiva-deposicional atual e que se une às alterações que envolvem o uso e ocupação da bacia. Soma-se a isso, o fato da ocorrência, nos últimos anos, de modificações significativas no uso da terra no

município, sendo extremamente necessário que haja uma fiscalização rigorosa pelos órgãos competentes no cumprimento das leis de cunho ambiental para que ocorra adequação de uso e de preservação de recursos naturais da bacia. Como fora proposto nas diretrizes da Lei Municipal Nº 1.888¹, de dezembro de 2007, criada com o intuito de proteger e conservar a Bacia Hidrográfica do rio Japuíba.

É importante ressaltar a relação existente entre a gestão de recursos hídricos e o processo de ocupação e uso da terra, pois a bacia do rio Japuíba é a principal fonte de abastecimento hídrico do município de Angra dos Reis, o que sublinha sua importância estratégica. Isso significa que a qualidade e a disponibilidade da água nessa bacia impactam diretamente a vida da população, as atividades econômicas (como o turismo) e a saúde ambiental do município. A configuração geomorfológica contrastante de Angra dos Reis (Fig. 1), somada a elevados índices pluviométricos desencadeados, principalmente, durante os meses de verão, contribui para geração e gravidade dos eventos geomorfológicos (enchentes, inundações e movimentos de massa). Segundo Soares (2006), a topografia bastante sinuosa, em conjunto com os sistemas meteorológicos que atingem a área, os tipos de solos dominantes e tipo de uso, contribuem para definição de áreas de riscos.

2. Bacias de drenagem e evolução da paisagem

Segundo Barrella et al. (2001), a bacia hidrográfica é definida pelo conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, onde setores mais altos do relevo correspondem aos divisores de água, nos quais as águas das chuvas escoam, formando riachos e rios, ou infiltram no solo para abastecimento do lençol freático e formação de nascentes.

Lima & Zakia (2000) agregam ao conceito geomorfológico da bacia hidrográfica, uma abordagem sistêmica. Para esses autores as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia e matéria através de agentes climáticos e os perdem através do escoamento até a desembocadura em lagos e/ou oceano. Isso pode ser descrito por variáveis interdependentes que oscilam em torno de um padrão. Portanto, mesmo que seja perturbado por processos naturais ou atividades humanas, seguirá em busca de seu “equilíbrio dinâmico”. O equilíbrio envolve ajustes contínuos do canal às variações nas condições de contorno. Qualquer mudança na recepção ou liberação de energia levará a mudanças compensatórias, que tendem a minimizar o impacto e restaurar o equilíbrio dinâmico.

¹ A Lei Municipal nº 1.888, de 20 de dezembro de 2007, determina a criação da Área de Proteção Ambiental – APA da Bacia Hidrográfica do Rio Japuíba, com objetivos básicos e a finalidade de proteger e conservar os mananciais, regular o uso dos recursos hídricos e o parcelamento do solo, garantindo o uso racional dos recursos naturais e protegendo remanescentes de floresta atlântica e o patrimônio ambiental e cultural da região.

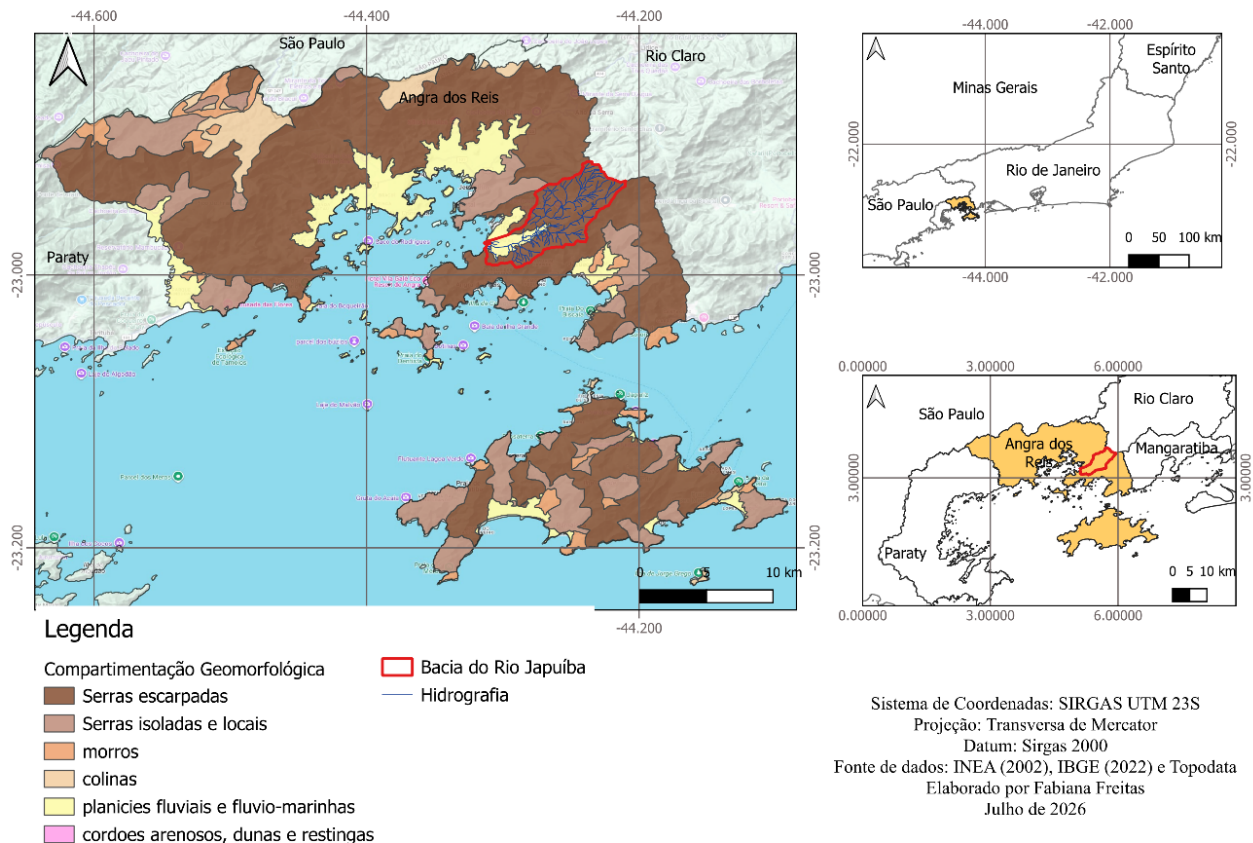


Figura 1: Localização da área de estudo com a compartimentação geomorfológica do município de Angra dos Reis (Fonte: Silva, 2002).

A unidade espacial de análise "Bacia Hidrográfica" é caracterizada por ser um recorte espacial que possui ampla aceitação e que, a partir da Lei Federal 9.433 de 1997 (Brasil, 1997), passou a integrar a Política Nacional dos Recursos Hídricos - PNRH, que propõe que as pesquisas e o planejamento ambiental devem ocorrer no âmbito das Bacias Hidrográficas. Essas que funcionam como sistemas naturais integrados, onde qualquer ação em um ponto reflete em todo o conjunto. Sendo assim, por possuir limites físicos claros, definidos pelo relevo, facilitando a gestão do território.

Destaca-se, ainda, a importância de apreensão dos mecanismos de evolução da paisagem, vinculados aos processos de dissecação e modelagem do relevo. A grande variedade de respostas de seu processo evolutivo é decorrente da variação de fatores externos e internos, indicando uma complexidade temporal e espacial. A compreensão desses mecanismos é possível através da análise da conformação dos sistemas de drenagem em escala local ou regional. Portanto, ambientes fluviais constituem-se como sistemas morfológicos em que forma e processos estão sempre se reajustando em função de uma interferência externa e/ou interna; ou seja, por distintos mecanismos de processo-respostas às interferências da entrada de energia no sistema (Silva & Paes 2018). A possibilidade de respostas diferenciadas é referenciada na literatura geomorfológica como formas distintas de retroalimentação (feedback) a uma determinada entrada

de energia, e que podem ser responsáveis pela contínua modificação das feições morfológicas em uma bacia de drenagem. O feedback é o mecanismo pelo qual o rio tenta alcançar ou manter o seu equilíbrio dinâmico diante de perturbações, sendo que a retroalimentação não se limita apenas ao canal, mas afeta a bacia integralmente, desde as encostas até a foz.

Outra importante ferramenta para o estudo da evolução de uma bacia hidrográfica é a sedimentografia de terraços fluviais, onde os contrastes nas características morfológicas e sedimentares entre os diversos níveis de terraços fluviais e a planície atual de um rio indicam a ocorrência de mudanças nas condições ambientais locais e regionais (Pazzaglia 2013). Portanto, o estudo desses registros sedimentares como terraços e planícies fluviais, acoplados à cronologia absoluta, são importantes ferramentas para a compreensão da resposta de uma bacia hidrográfica às mudanças ambientais (climáticas e/ou tectônicas).

3. Procedimentos metodológicos

O levantamento, confecção e análise de perfis sedimentográficos e coleta de amostras para datação por radiocarbono foram realizados em paredes expostas das feições de terraços, segundo método de Selley (1968).

Os perfis sedimentográficos constituem uma representação gráfica da sucessão vertical de camadas

deposicionais que são analisadas em suas características tais como granulometria, composição mineralógica, estruturas sedimentares e conteúdo fossilífero, em uma escala de apresentação adequada (Leite 2021). A elaboração destes perfis teve por meta auxiliar no entendimento da dinâmica erosivo-deposicional da bacia de drenagem nos últimos milhares de anos e, assim, subsidiar a evolução geomórfica-estratigráfica quaternária. Ao longo dos perfis foi também realizada a coleta de amostras de paleo horizontes A para realização de datação ^{14}C . A descrição desses perfis foi realizada diretamente nas seções sedimentares expostas em campo (Fig. 2), permitindo a caracterização granulométrica, estrutural e composicional dos depósitos.



Figura 2: Exemplo da parede exposta do terraço fluvial superior (T1) onde foi realizado o levantamento sedimentográfico e coleta de amostras para datação por radiocarbono ^{14}C .

Os perfis sedimentográficos foram desenhados através da plotagem das informações reunidas em campo no programa computacional Sedlog, desenvolvido pelo Departamento de Ciência da Computação, Royal Holloway University of London e disponibilizado na página eletrônica <https://www.cs.rhul.ac.uk/>. Na ilustração dos perfis realizados - Figuras 3 (Terraço Superior/alto - T1) e 4 (Terraço inferior/baixo - T2) - foram também inseridas outras características que descrevem as camadas estratigráficas reconhecidas.

3.1. Datação de ^{14}C

A datação de ^{14}C de paleohorizontes “A” foi processada no Laboratório de Radiocarbono (LAC), com base na técnica de Espectrometria de Massa com Aceleradores (AMS) do Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense.

Os estudos de Geomorfologia e de Geologia do Quaternário exigem a incorporação de idades numéricas para posicionar com precisão os eventos e quantificar processos deposicionais e/ou erosivos. Uma adequada amostragem em campo é essencial para a obtenção de resultados que acompanhem, com precisão, a estratificação dos materiais e possibilitem uma coleta fidedigna à geomorfologia local.

4. Resultados e discussões

Os resultados serão apresentados segundo uma discussão em distintos níveis de abordagens espaciais; desde aquela que caracteriza a distribuição da sedimentação quaternária ao longo dos eixos de drenagem da bacia do rio Japuíba até a compreensão do pacote sedimentar na escala temporal através da reconstituição sedimentar de perfis sedimentográficos e estabelecimento de idade dos depósitos por ^{14}C .

A compreensão da história deposicional dos sedimentos quaternários foi realizada a partir do reconhecimento da feição morfológica de planícies fluviais, com seus terraços fluviais e sua planície de inundação. A evolução dos terraços fluviais e a história de suas camadas deposicionais constituem-se importantes aliados na reconstituição das mudanças ambientais, atuando como indicadores ambientais de processos morfogenéticos que atuaram no Quaternário, sobretudo no Holoceno.

Os sedimentos fluviais presentes na planície do rio Japuíba podem ser entendidos como acumulações que devem ser em grande parte devidas a variações climáticas ao longo do Quaternário (Melo et al. 2003), com fases de intensa denudação das encostas e consequente entulhamento dos vales.

A área ocupada pelas feições de planícies fluviais quaternárias na bacia do rio Japuíba foi de 7,88 km² (Fig. 5), ou seja, 20,55 % da área total. O baixo curso do rio Japuíba apresenta a maior área de sedimentação quaternária com 5,5 km² (69,8 %), seguido pelo trecho denominado rio Banqueta-Japuíba com 1,33 km² (16,88 %) e o rio Cabo Severino com a menor área de sedimentação de 1,05 km² (13,32 %).

Foram identificados três níveis topográficos associadas à deposição sedimentar no rio Japuíba: nível de terraço mais elevado/alto (denominado de T1); nível de terraço inferior/baixo (T2) e a planície de inundação (Fig. 6).

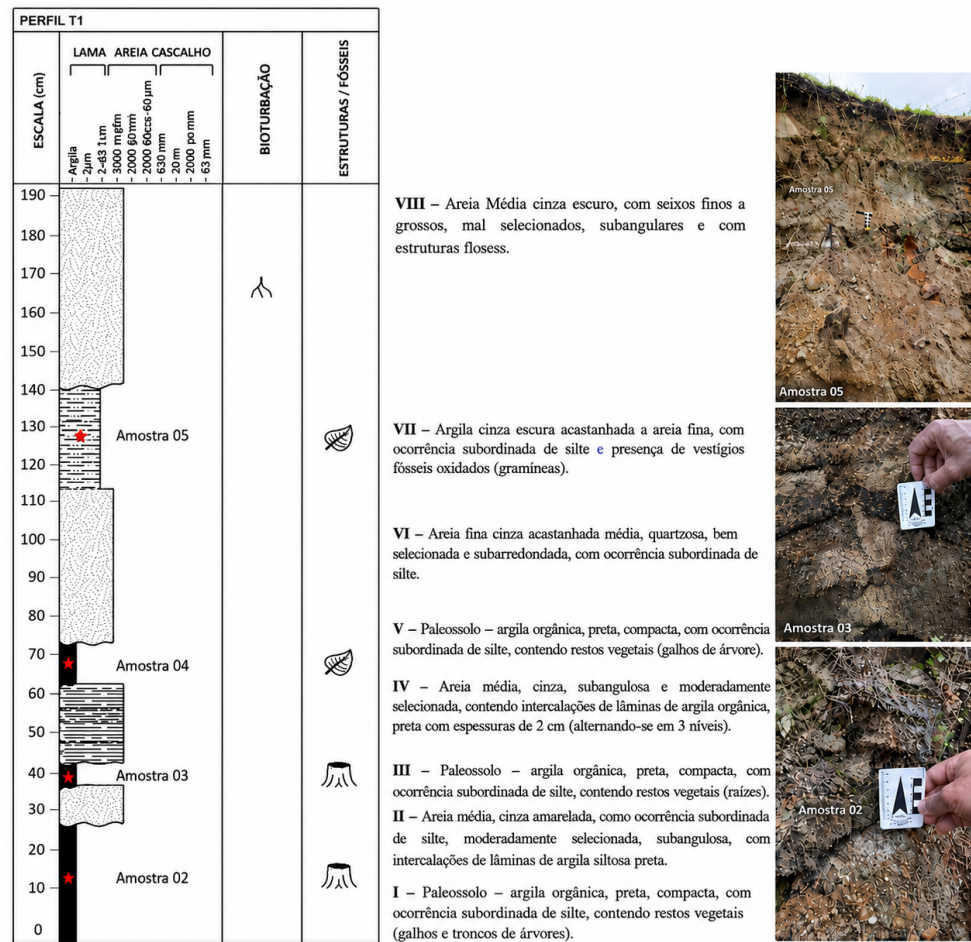


Figura 3: Perfil sedimentográfico do terraço superior (T1) localizado à margem esquerda do rio Japuíba com localização das amostras coletadas e datadas por 14C e fotos correspondentes aos locais de coleta das 4 amostras. Fotos: F. P. Freitas, jun./2022.

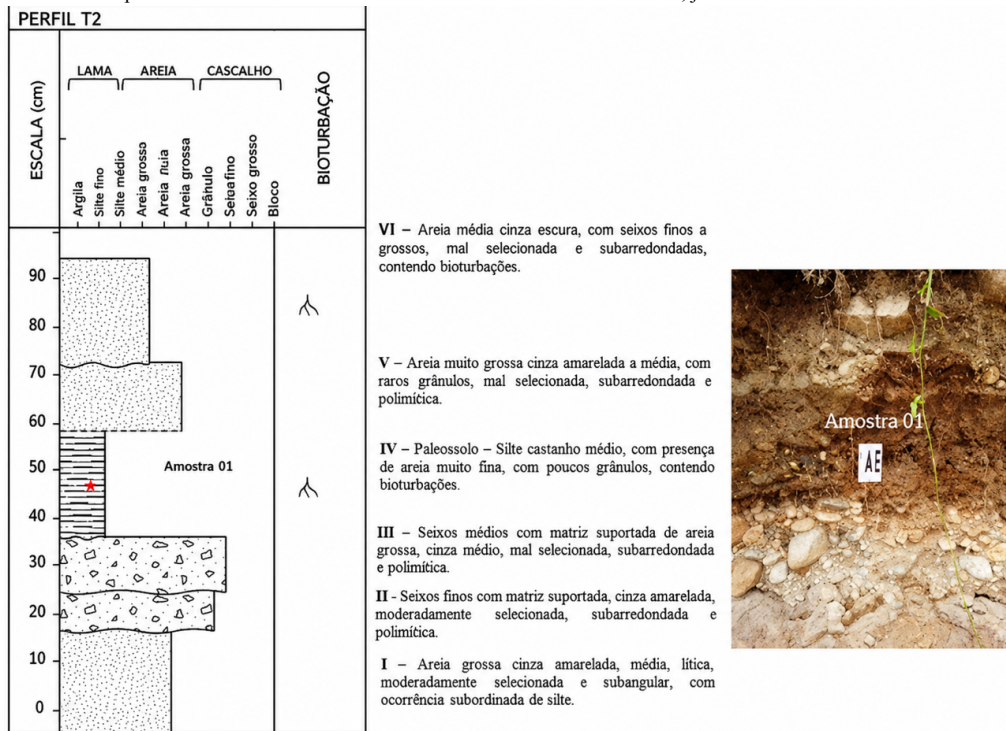


Figura 4: Perfil sedimentográfico do Terraço T2 localizado à margem esquerda do rio Japuíba e fotografia correspondente ao local de coleta. Foto: F. P. Freitas, jun./2022.

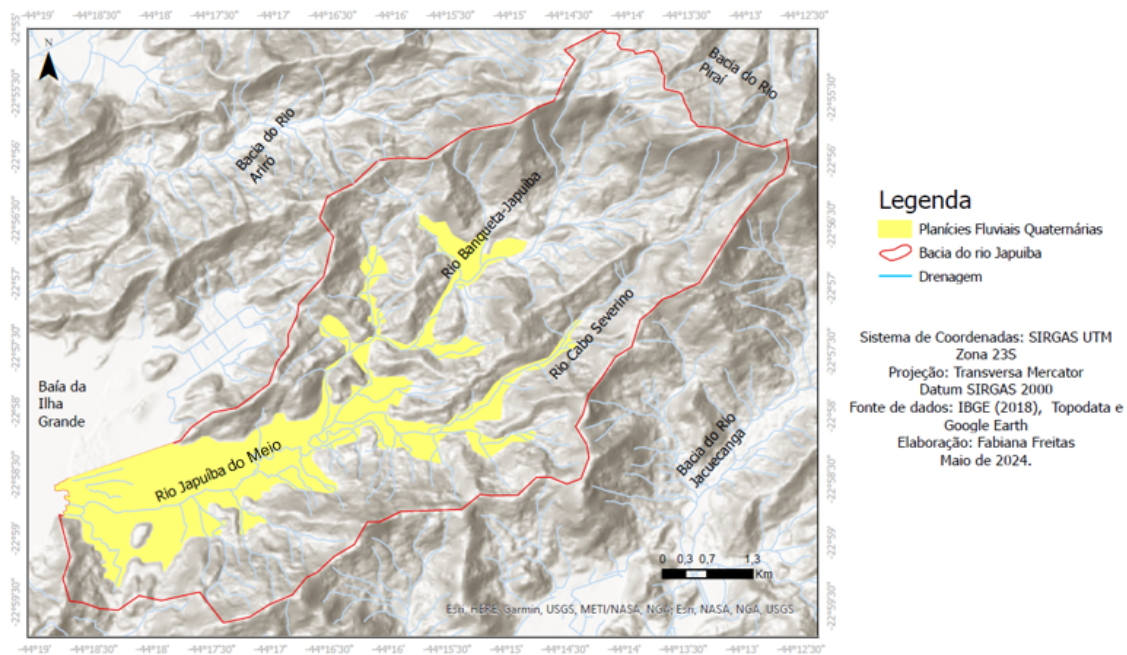


Figura 5: Mapa da ocorrência de sedimentação quaternária da bacia do rio Japuíba.



Figura 6: Níveis de terraços localizados à margem esquerda do rio Japuíba. Foto: T.M. Silva, out./2022. O trecho de maior retenção da sedimentação quaternária encontra-se em seu médio-baixo curso, como pode ser observado na Fig. 7.

Através do perfil transversal ao eixo do canal analisado (Fig. 7), pode-se também notar a distribuição dos níveis de terraços e a extensão diferenciada em cada margem do rio Japuíba.

De acordo com Mello (1997), os terraços elevados encontrados nas bacias de drenagem do sudeste brasileiro constituem-se de uma superfície marcante formada pelo entulhamento sedimentar holocênico, com

presença, muitas vezes, de meandros abandonados e paleocanais, assim como podem ser observados na extensa área do terraço baixo (T2). Na Figura 8, pode ser observado no trecho do médio-baixo curso do rio Japuíba a presença dos terraços fluviais T1 e T2, sendo possível identificar também uma pequena planície de inundação.

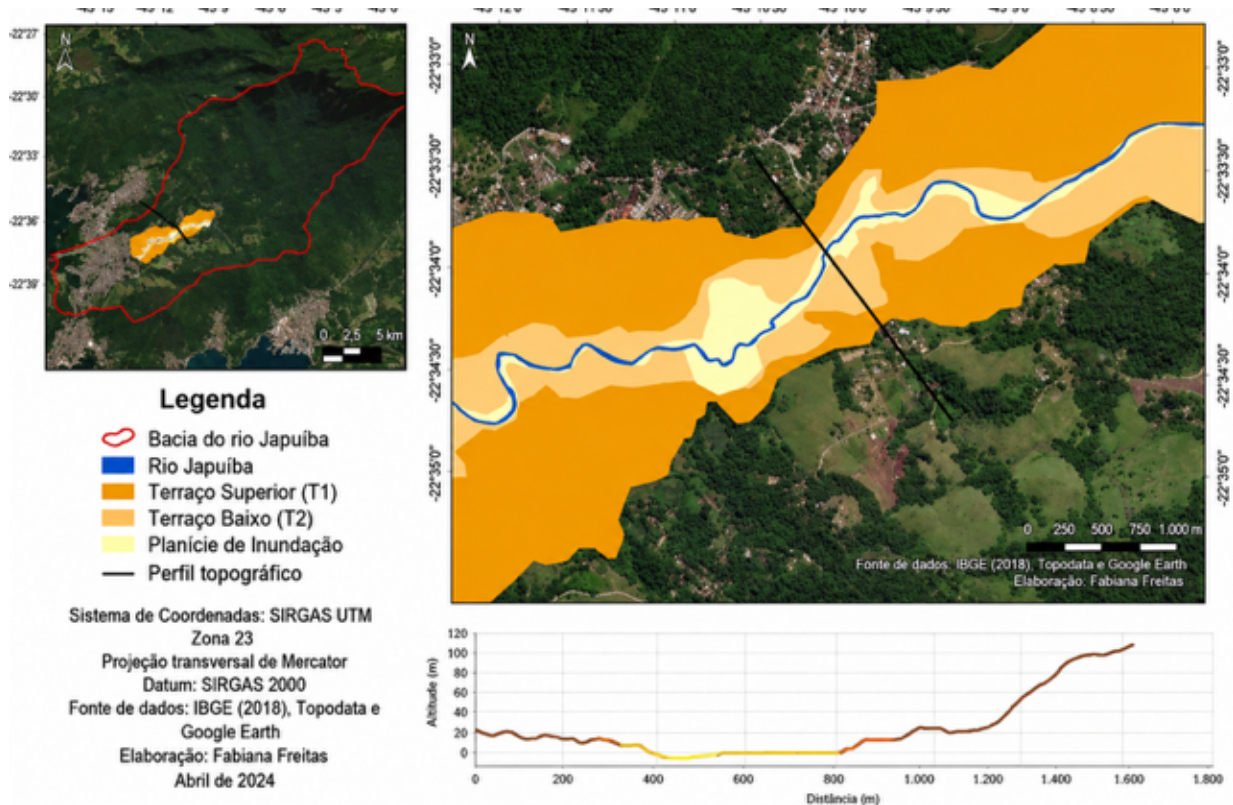


Figura 7: Mapa dos diferentes níveis de terraços identificados na planície fluvio-marinhas do rio Japuíba. Imagem Google Earth Pro com delimitação dos níveis de terraços identificados em trecho do médio-baixo curso do rio Japuíba e Perfil transversal ao fundo de vale (A-A').



Figura 8: Imagem de um trecho do médio-baixo curso da bacia do rio Japuíba obtida em sobrevoo. Observa-se a presença dos diferentes níveis de terraços fluviais (terraço alto - T1 e terraço baixo - T2). Foto: S.L.S. Silva, dez./2009.

A feição morfológica de terraço baixo (T2) varia entre 2 a 4 m de altura e encontra-se espacialmente distribuída ao longo de quase todo o médio-baixo curso do rio Japuíba e de significativa extensão espacial. Ocorrem, principalmente, nos locais onde a sinuosidade do canal é maior, ou quando há mudanças bruscas na orientação do canal, como por exemplo em curvaturas anômalas. Enquanto a feição de planície de inundação

está topograficamente de 0,5 a 1,0 m acima da calha fluvial. Contudo, encontra-se irregularmente distribuída ao longo de todo o vale do rio Japuíba, desde o alto curso até o baixo curso. No alto curso, estão distribuídas de forma bastante fragmentada, com pequenas extensões areais, geralmente alternadas entre as margens do canal e em trechos onde há sinuosidade do vale. No baixo

curso apresentam-se de forma bastante antropizada com muitos trechos retelinizados.

A profundidade total do pacote sedimentar quaternário não foi diretamente medida neste estudo. Estudos geofísicos, como sondagens elétricas verticais (SEV), seriam necessários para determinar essa espessura, tal como realizado por Silva (2010) que definiu a profundidade de 40m do pacote sedimentar quaternário da bacia do rio Suruí (Magé, RJ) que tem situação semelhante a bacia do rio Japuíba; e é uma bacia costeira localizada no recôncavo da Baía da Guanabara. Acredita-se que na bacia do rio Japuíba

também deve haver uma profundidade bastante similar, haja vista as condições evolutivas, morfotectônicas e geomorfológicas, similares.

4.1. Dinâmica sedimentar dos níveis de terraços fluviais

A análise e evolução da dinâmica sedimentar da planície fluvial do rio Japuíba foram realizadas através do levantamento de perfis sedimentográficos nos dois diferentes níveis de terraços fluviais da bacia do rio Japuíba. A localização dos perfis realizados no médio-baixo curso fluvial pode ser visualizada na Figura 9.

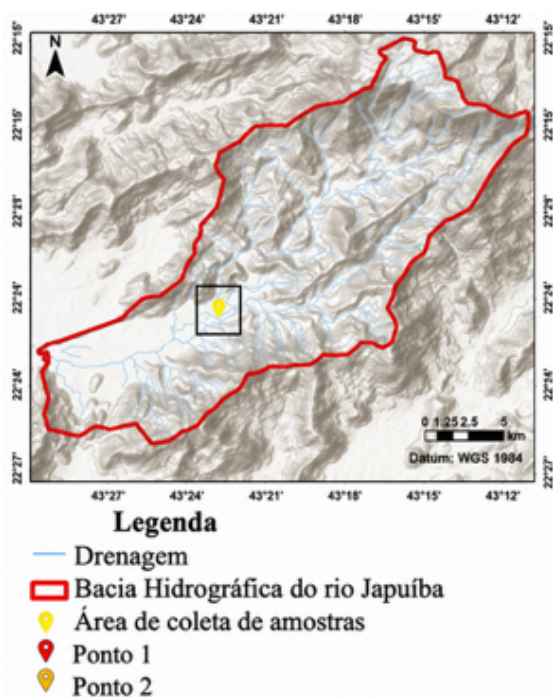


Figura 9: Mapa da bacia do rio Japuíba (A) e Imagem Google Earth Pro (B) com a localização dos pontos de coleta das amostras: Ponto 1 (em cor vermelha) - nível de terraço mais elevado (T1); Ponto 2 (em laranja) - nível de terraço baixo (T2).

As amostras foram coletadas em pontos previamente selecionados em atividades de gabinete e trabalho de campo anteriores e nos quais identificou-se a presença de paleossolos (solos antigos) – pontos 1 e 2 da Figura 9.

Foram coletadas cinco amostras no total, sendo quatro em paleossolos de argila orgânica preta com a presença de restos vegetais fossilizados e uma amostra com predomínio de argila cinza escura acastanhada, siltosa, com material oxidado.

O ponto 1 (Fig. 10A) está localizado em nível de terraço fluvial mais elevado da planície fluvial estudada (T1), sendo constituído por material aluvionar, testemunho de um período em que a calha do rio Japuíba teve maior competência para entalhar sedimentos depositados em momentos anteriores de sedimentação do fundo de vale fluvial formando o referido terraço fluvial. Nesse ponto foram coletadas quatro amostras de paleossolos reconhecidos no perfil sedimentográfico realizado e uma amostra de argila cinza escura acastanhada, siltosa e com a presença de material oxidado.



Figura 10: Visão panorâmica dos terraços fluviais T1 e T2 onde foram realizados perfis sedimentográficos e coletadas as amostras para datação por ¹⁴C. A – Ponto 1; B – Ponto 2. Fotos: F.P. Freitas, jun./2022.

No perfil sedimentográfico do terraço superior (T1) podem ser reconhecidas oito camadas (Fig. 3), onde a camada basal corresponde a uma camada orgânica composta por argila preta, orgânica, siltosa, compacta, com restos vegetais, de galhos e troncos de árvores, onde foi coletada a amostra 02. A camada seguinte é composta por areia média cinza amarelada, siltosa, moderadamente selecionada, subangulosa e com pequenas lâminas de argila preta, siltosa. O terceiro nível de sedimentação é formado por outro nível de paleossolo, composto de argila preta, orgânica, siltosa, compacta, com restos vegetais (galhos e troncos de árvores), onde foi coletada a amostra 03. A quarta camada é composta por areia média cinza, com níveis de argila preta, orgânica, subangulosa e moderadamente selecionada. A quinta camada apresenta presença de paleossolo constituído de argila preta, orgânica, siltosa, compacta, com restos vegetais (galhos e troncos de árvores), onde foi retirada a amostra 04. A sexta camada é composta de areia fina a média, cinza acastanhada, siltosa, quartzosa, bem selecionada subarredondada. A sétima camada é formada por uma argila média cinza escura acastanhada, siltosa, com a presença de material oxidado, aparentemente, gramíneas, onde foi coletada a amostra 05; por se tratar também de material com grande quantidade de matéria orgânica. A camada superior (oitava camada) é composta por areia média cinza escuro, com seixos finos a grossos, mal selecionados, subangular, onde puderam ser observadas bioturbações.

O nível de paleossolo localizado mais à base do perfil sedimentográfico (aproximadamente 10 cm) apresentava fibras vegetais conservadas misturadas à argila orgânica preta, siltosa, compacta, onde foi coletada a amostra 02.

Esse terraço apresenta uma sucessão de camadas argiloarenosas que variam de areia média com lâminas de argilas a areia média com bioturbações, e ainda camadas intermediárias de areia fina, paleossolos e argila. Este tipo de sequência sedimentar é comum em áreas que oscilaram entre períodos de alta energia e

com baixa energia. Nesses ambientes, o sedimento se deposita lentamente formando camadas finas e uniformes. Os pacotes de areia média identificados correspondem a um momento de energia oscilante; enquanto os paleossolos indicam períodos de estabilidade ambiental.

O nível de paleossolo sobrejacente (em aproximadamente 40 cm) também possui grande presença de restos vegetais e de onde foi coletada a amostra 03. Apresenta características semelhantes ao anterior com presença de argila orgânica preta, siltosa e compactada.

O nível de paleossolo seguinte (na altura de 70 cm do perfil) também contém presença de restos vegetais, porém de menores dimensões, mas ainda com fibras vegetais preservadas.

A amostra 05 foi coletada do paleossolo localizado no setor superior do perfil (1,35 m), onde constatou-se a presença de material oxidado.

Em síntese, o perfil sedimentográfico demonstra variações no nível de energia do ambiente de deposição, através da alternância entre depósitos de baixa energia (argilas, paleossolos) e depósitos de alta energia (areias, seixos). Também é possível definir episódios de estabilidade, com ocorrência de pedogênese e ocorrência de múltiplos paleossolos (Unidades I, III e V), com período de recobrimento vegetacional. Em várias unidades a presença de matéria orgânica e restos vegetais, indicam ambientes ricos em vida vegetal e/ou condições de anoxia que favoreceram a preservação da matéria orgânica. De uma forma geral, o perfil registra uma sucessão de ambientes, que podem incluir ambientes terrestres (paleossolos), fluviais (areias, seixos), pantanosos (argilas com matéria orgânica e gramíneas oxidadas) ou transicionais.

A sua análise sugere uma história geomorfológica dinâmica para a área, com flutuações em condições ambientais, como variações climáticas, deslocamento de canais fluviais, que levaram à deposição de

diferentes tipos de sedimentos e à formação de solos em distintos momentos.

O nível de terraço fluvial mais baixo (T2) também está localizado na margem esquerda do rio Japuiba, sendo constituído por material aluvionar em nível mais alto do que a atual planície de inundação.

O perfil sedimentográfico do afloramento no ponto 2 (Fig. 4) mostra a sequência de camadas de areia grossa, seixos finos, seixos médios, paleossolo siltoso com bioturbações, areia muito grossa e areia média com bioturbações.

A camada I é composta por areia grossa cinza amarelada, siltosa, moderadamente selecionada e subangular. A camada II é composta de seixos finos cinza amarelado, com matriz suportada, moderadamente selecionada e subarredondada. O terceiro nível de sedimentação é formado por seixos médios cinza médio, com matriz suportada de areia grossa, mal selecionada, subarredondada. A quarta camada é composta por um nível de paleossolo de silte castanho médio, com a presença de areia muito fina, bioturbada com grânulos. Desses paleossolos só foi retirada a amostra 01. A quinta camada possui presença de areia muito grossa cinza amarelada médio, mal selecionada, subarredondada, com raros grânulos, enquanto a camada superior é composta por areia média cinza escura, com seixos finos a grossos, presença de bioturbações, mal selecionada, subarredondada.

Esse perfil sedimentográfico representa, portanto, uma sucessão de sedimentos de granulometria distinta, variando de areia grossa a areia média, com presença de bioturbação, apresentando ainda lentes de seixos e ocorrência de horizonte "A". Tal pacote deposicional é comum em áreas onde há oscilação de energia, onde sedimentos mais grosseiros se depositam rapidamente no fundo do leito formando material bastante heterométrico. Os pacotes de areia grossa e muito grossa, presentes no perfil (camadas II e III da Figura 4), correspondem a um episódio deposicional de alta energia. E o nível em que ocorre o paleossolo corresponde a um solo antigo que, segundo Nowatzki (2005), constitui um bom indicador da existência de um intervalo de não-deposição com tempo suficiente para o desenvolvimento de um horizonte "A" e, assim, indicando ser um marcador temporal de um período de estabilidade no mecanismo evolutivo da paisagem.

4.1. Reconstituição evolutiva quaternária da bacia do rio Japuiba

Os depósitos quaternários na bacia do rio Japuiba registram a interação entre controles tectônicos, flutuações climáticas e processos de erosão-deposição durante o Holoceno (Suguio 1999).

Dentro desse contexto, a análise da evolução do relevo durante o Quaternário através de seus depósitos correlativos refere-se a um procedimento metodológico de extrema relevância voltado para a elucidação de

evidências dos processos formadores das feições de relevo. Por sua vez, as alterações do regime climático ao longo desse período possuem estreita relação com o desencadeamento dos processos morfogenéticos e, por conseguinte, constitui elemento fundamental para a compreensão evolutiva do modelado, seja em virtude do caráter de suas flutuações cíclicas ou de eventos episódicos de magnitude elevada, que envolvem a manifestação de um elevado grau de energia em um curto espaço de tempo (Suguio 1999).

Sedimentos depositados durante o Quaternário e seus modelados de acumulação resultantes tornam-se registros dos processos geomórficos que exerceram controle sobre a evolução da paisagem, principalmente nos contextos geotectônicos da zona tropical, seja sob a forma de notáveis relevos deposicionais ou de uma sequência de estratos inumados que revele a história evolutiva da paisagem. Suguio (1999) chama a atenção que os depósitos quaternários possuem relação intrínseca com a topografia atual, sendo imprescindível a distinção entre as superfícies originadas por erosão de rochas mais antigas e aquelas elaboradas pela deposição de sedimentos quaternários. A geometria do relevo da área fonte influencia a produção e o transporte de sedimentos, de acordo com o nível de energia disponível. As diversas formas resultantes da deposição sedimentar são as respostas a esses processos desencadeados e correspondem à superfície contemporânea do terreno.

A evolução de uma bacia hidrográfica é, portanto, marcada por uma constante transformação, resultante da complexa interação entre processos geológicos e climáticos. As oscilações climáticas, ao alterarem o regime de chuvas, a temperatura e outros fatores, como a vegetação, exercem papel fundamental na modulação dos processos da bacia, como a erosão, o transporte e a deposição de sedimentos. A morfologia de um vale depende de três mecanismos fundamentais da evolução fluvial: a erosão, que molda o fundo e as laterais do vale; o transporte de sedimentos, que redistribui os materiais ao longo do leito do rio; e a deposição, que resulta na formação de concentrações de sedimentos e alteração das formas do fundo de vale. Essa dinâmica contínua, moldada pela interação entre forças internas e externas, torna a morfologia dos vales um local onde registros históricos podem ser identificados e relacionados às condições climáticas e/ou geológicas que uma bacia foi submetida ao longo do tempo.

Os mecanismos que levam à alteração dos vales fluviais são diversos, sendo que um deles está relacionado às oscilações entre fases climáticas secas e úmidas (Pazzaglia 2010). Qualquer mudança de vazão e descarga experimentada pelo rio, em consequência das variações no regime de chuvas, é potencialmente registrada nos seus sedimentos, cuja granulometria apresenta correlação direta com a energia do fluxo. Assim, os terraços podem testemunhar diferentes momentos de evolução do vale como agradaciação e incisão (Mather et al. 2017).

Segundo Summerfield (1991) a formação dos terraços fluviais ocorre através de processos complexos e graduais, resultantes da interação dos diversos processos listados a seguir: a) Variação no nível de base - alterações no nível de base geral, causadas por mudanças climáticas (glaciações, períodos interglaciais), movimentos tectônicos (soerguimento, subsidência) ou mudanças no regime fluvial, podem levar à incisão do rio em seu próprio leito; b) Erosão vertical e lateral – o rio aprofunda seu próprio leito e/ou amplia seu vale, cria um novo braço de canal, erode as margens e/ou forma meandros; c) Deposição - em períodos de menor energia, quando o rio deposita o material transportado formando planícies aluviais e d) Ciclos de erosão e deposição - a formação dos terraços fluviais é resultado da alternância de fases de erosão e deposição, controladas por alterações climáticas e/ou tectônicas. Durante os períodos de deposição, o rio constrói planícies aluviais e quando ocorre uma nova fase de incisão, a planície aluvial anterior é abandonada, há o encaixamento da calha fluvial e formação de terraço fluvial.

Para investigação dessas etapas evolutivas é necessário, portanto, análises vinculadas à distribuição da sedimentação quaternária bem como à própria compreensão do pacote sedimentar, que podem ser investigados através do levantamento de perfis sedimentográficos e complementados pela datação de ^{14}C dos materiais encontrados nos perfis.

Ressalta-se que a identificação de paleossolos dentro de perfis sedimentográficos é particularmente importante por indicarem paisagens pretéritas e

Quadro 1: Idades das amostras de paleossolos datadas por ^{14}C pelo laboratório de Radiocarbono da UFF.

LOCAL	Código do Laboratório	AMOSTRA	DATAÇÃO ^{14}C (Anos AP)	IDADE CALIBRADA (Anos cal AP)
Ponto 1 – Terraço Superior – T1	LACUFF230035	5	488 ± 64	558 – 323
	LACUFF230183	4	488 ± 25	508 – 334
	LACUFF230036	3	2376 ± 71	2465 – 2156
	LACUFF240119	2	1481 ± 49	1424 – 1184
Ponto 2 – Terraço Baixo – T2	LACUFF230323	1	442 ± 57	523 – 323

As cinco amostras coletadas nos pontos 1 e 2 obtiveram idades recentes (holocênicas) e algumas foram interpretadas com base na suposta dinâmica do regime climático local.

Foram obtidas as seguintes idades absolutas por ^{14}C para as quatro amostras do perfil sedimentográfico do terraço superior (T1):

Amostra 2 - 1481 ± 49 anos AP (Idade calibrada 1424 – 1184 anos cal AP): como já descrito, esse nível de paleossolo está na base do perfil a, aproximadamente, 1,8 m de profundidade e a datação foi processada a partir de fibras vegetais conservadas e argila orgânica. Acredita-se que possa corresponder a um momento em que a planície fluvial estivesse em um regime de baixo fluxo fluvial, quase em um sistema de

possíveis alterações nas condições climáticas. A análise das características de paleossolos, incluindo sua composição e posicionamento estratigráfico, pode fornecer pistas sobre vegetação, regime climático, ocorrência de episódios extremos e até mesmo práticas humanas de uso da terra. Para Semmel (1989), a função básica dos paleossolos para a geomorfologia consiste em indicar as condições ambientais sob as quais as formas de relevo evoluíram. Enquanto a análise dos perfis sedimentográficos realizados pode contribuir para reconstituição de paleopaisagens.

Segundo Ladeira & Santos (2005), níveis deposicionais, como a planície fluvial em estudo, recebem aportes periódicos de sedimentos, onde níveis de paleossolos se desenvolvem entre dois episódios deposicionais maiores, mas raramente correspondem a paleossolos muito evoluídos. Quando há ocorrência de paleossolos espessos e bem desenvolvidos significa existência de longos períodos de desenvolvimento de solo e de estabilidade da paisagem.

Os níveis de paleossolos encontrados nos perfis sedimentográficos da bacia do rio Japuíba e datados por ^{14}C demonstraram que a sedimentação quaternária é bastante recente, sendo encontrado o paleossolo mais antigo com idade de 2376 ± 71 AP (idade calibrada de 2465 - 2156 anos cal AP) (Quadro 1), logo holocênica. Acreditamos que por se tratar de um ambiente tropical úmido, a intensidade dos fluxos d'água derivados de episódios de chuvas intensas possibilitou o transporte de quantidade elevada de materiais com formação da planície fluvial.

lago, onde até mesmo partículas mais finas como argila e silte foram acamados.

Amostra 3 - 2376 ± 71 anos AP (Idade calibrada 2465 – 2156 anos cal AP): essa idade corresponde a camada superior onde o paleossolo situado a 1,40 m apresentava inúmeros restos vegetais. Essa anomalia cronológica pode ser interpretada como um produto direto de eventos climáticos extremos de alta energia, associados à fonte dos restos vegetais datados que, devido à intensa dinâmica local, foram remobilizados e então depositados nesse local.

Amostra 4 - 488 ± 25 anos AP (Idade calibrada 508 – 334 anos cal AP): o material em que foi extraído a amostra contém restos vegetais de menores dimensões, mas ainda com fibras vegetais preservadas. Trata-se de um solo muito jovem e que, provavelmente, já possa

ser associado às interferências antrópicas que ocorreram no período de colonização do Brasil e início de ocupação de Angra dos Reis, no século XVI.

Amostra 5 - 488 + 64 anos AP (Idade calibrada 558 – 323 anos cal AP): essa amostra obteve uma idade muito próxima a da camada subjacente e indica que nesse paleossolo a presença de material extremamente oxidado na camada de argila cinza acastanhada siltosa deve ter tido uma remobilização de material exposto de camadas anteriores e, assim, resultando numa idade um pouco mais antiga.

Amostra 1 - 442 + 57 anos AP (Idade calibrada 523 – 323 anos cal AP): refere-se ao perfil sedimentográfico 2 e corresponde a datação do único paleossolo encontrado no terraço inferior (T2). Essa camada é predominantemente siltosa, de cor castanha, com a presença de areia muito fina e bioturbada com poucos grânulos. Corresponde às camadas holocênicas superiores do perfil 1, demonstrando a existência de mecanismos holocênicos de deposição e pedogênese em ambos os níveis de terraços fluviais.

Acredita-se que as datações obtidas por 14C tenham posicionado apropriadamente a sedimentação holocênica da planície do rio Japuiba e tenha contribuído para ressaltar a energia dos eventos extremos na localidade e que são responsáveis pela mobilização significativa de material em direção à jusante, com capacidade inclusive de remobilizar material provindo de áreas posicionadas à montante.

Correlações específicas quanto à variações de períodos úmidos e secos que levaram à deposição da planície fluvial e formação de paleossolos não foram possíveis, pois seriam necessárias análises palinológicas. No entanto, pode-se interpretar que durante o Holoceno houve uma dinâmica de abandono de planícies aluviais e formação de terraços em condições mais úmidas do clima. Segundo Novello et al. (2018), o intervalo entre os séculos X e XIII correspondeu à Anomalia Climática Medieval (MCA – *Medieval Climatic Anomaly*) em que, a América do Sul teria experimentado condições secas sem precedentes, porém o sudeste brasileiro teria apresentado uma anomalia mais úmida. O mesmo autor afirma que o evento global conhecido como Pequena Idade do Gelo (LIA – *Little Ice Age*), ocorrido entre os anos de 1650 e 1850, causou grande resfriamento na Europa e América do Norte (Mann et al. 2009), sendo que, em regiões tropicais, onde se inclui o Brasil, foi responsável pelo aumento da umidade em partes do país devido à maior intensidade das monções sul-americanas.

Após as informações coligidas podemos sintetizar as seguintes etapas evolutivas para a planície fluvial holocênica do rio Japuiba (Fig. 11):

Fase 1 – encaixamento do leito fluvial do rio Japuiba, resultante, provavelmente, de eventos tectônicos pretéritos na área. Essa seria a fase inicial onde o leito fluvial passou por um período de canalização derivada da intensa energia erosiva, levando ao encaixamento fluvial e de erosão à montante, gerando grande transporte e posterior deposição, e que resultou na formação da extensa planície fluvial nos trechos médio e baixo da bacia.

Fase 2 – momento em o regime climático deve ter sido mais úmido levando à expansão da mata e deposição fluvial, principalmente para os trechos médio e baixo da bacia e início da canalização do fluxo d'água² sobre a extensa planície fluvial, com formação da extensa planície de inundação. Sobre os sedimentos ocorreu de pedogênese com formação de horizonte “A”.

Fase 3 – Uma nova fase de regime climático mais seco, com a ocorrência de episódios de enxurradas, erosão acentuada nas encostas e novos episódios de sedimentação soterrando o solo em formação e, assim, dando origem ao paleossolo mais antigo encontrado na área de sedimentação fluvial do médio-baixo rio Japuiba. Foram datadas argilas orgânicas que parecem ser cunhas sedimentares das distintas enxurradas, com idades de 2376 + 71 anos AP (2465 – 2156 anos cal AP).

Fase 4 – Momento de concentração dos fluxos d'água (provavelmente com episódios de regime climático mais úmido) levam à ocorrência do encaixamento fluvial expondo a parede do nível de terraço mais elevado da bacia (T1); bem como ocorrência de pedogênese tanto sobre a parte elevada do T1 como sobre os depósitos da nova planície fluvial em formação.

Fase 5 – Novos episódios de enxurradas geram, mais uma vez, elevado aporte de material para o fundo de vale com formação de nova camada sedimentar. A contínua chegada de material soterrou o horizonte “A” que estava em formação em período de maior umidade. A idade estabelecida por datação 14C nos níveis orgânicos encontrados foi de 442 + 57 anos AP (523 – 323 anos cal AP).

Fase 6 – Condições de maior umidade fazem com que ocorra a canalização fluvial na “planície fluvial embutida” entre as paredes do terraço elevado (T1) expondo, assim, a parede do nível de terraço mais baixo (T2), bem como a planície de inundação.

² Ressalta-se que a área por estar no contexto dos Trópicos Úmidos possui elevados índices pluviométricos, alguns com episódios de chuvas extremas, e que detonam elevada carga de material transportada e acumulada em trechos de declividades suaves da bacia.

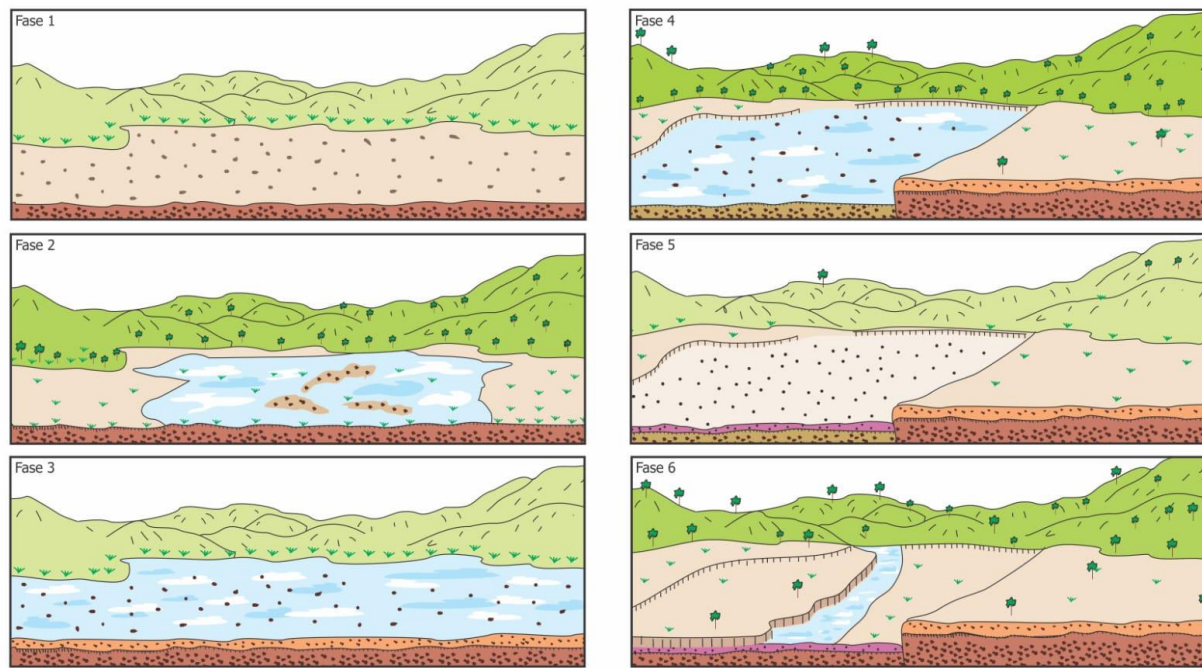


Figura 11: Modelo evolutivo esquemático da bacia do rio Japuíba para o trecho de maior concentração da planície fluvial quaternária atual e na qual foram identificados distintos níveis de terraços fluviais.

Ressalta-se que, conjuntamente, à formação dos terraços fluviais está relacionada à migração lateral do canal, resultando no abandono de algumas curvas de meandros e que, atualmente, marcam a paisagem na parte superior do terraço baixo.

Nos terraços fluviais não foram encontrados vestígios de sedimentação marinha, sendo, portanto, a bacia apenas vinculada ao mecanismo de evolução continental.

As idades holocênicas obtidas para a sedimentação fluvial na bacia do Japuíba corroboram com a noção de uma evolução geomorfológica recente e dinâmica para a costa do sudeste brasileiro, tal como documentado em outras bacias da região (Passos et al. 2019; Souza & Azevedo Sobrinho 2015), ainda que neste caso específico a influência marinha não tenha sido identificada nos depósitos estudados.

Buscando demonstrar a intensidade da dinâmica local da bacia em estudo iremos exemplificar, a partir da análise de imagens Google Earth Pro recentes (Fig. 12), a intensidade das transformações na conformação das feições morfológicas do canal fluvial em resposta aos eventos de chuvas extremas. A comparação entre as imagens de 2021 (antes de um evento chuvoso), de 2022 (imediatamente após um evento de chuva) e a

imagem de 2024 revela o quão dinâmico é o sistema fluvial local em resposta aos eventos pluviométricos.

Na Figura 12A o rio apresenta largura e margens bem definidas, mata ciliar estabelecida e planície de inundação evidente. Na Figura 12B, após evento de chuva extrema de 209,9 mm que ocorreu em 25 de abril de 2022, observou-se um aumento significativo da largura do canal fluvial, indicando a força erosiva durante a elevação da vazão fluvial e que levou à inundação. A erosão acentuada das margens e remoção da mata ciliar ocasionou também à destruição da rua que seguia paralelamente ao rio Banqueta-Japuíba. A deposição de sedimentos na planície de inundação alterou a topografia local e formou novas feições de deposição fluvial (barras longitudinais, barras de pontal etc.). É possível observar a turbidez da água, indicando o transporte de grande quantidade de sedimentos.

Na Figura 12C é possível observar a retomada do eixo do canal. No entanto, observa-se uma significativa mudança nas formas fluviais presentes em comparação com a Figura 12A. Há deposição de grande quantidade de sedimentos, que pode ser constatada pela quantidade e dimensão de barras fluviais e que indicam condição de assoreamento do canal.



Figura 12: Imagens do Google Earth Pro com modificações intensas no leito do rio Japuíba em três momentos distintos: A - corresponde ao dia 03/07/2021; B - corresponde ao dia 25/04/2022 e C - Imagem do dia 31/03/2024.

De forma geral, a análise dessas imagens demonstra a intensidade e a complexidade da morfodinâmica dos processos desencadeados na bacia. A chuva de abril de 2022 causou alterações significativas na morfologia do rio Japuíba e a resiliência do sistema fluvial ainda está em curso. No entanto, um outro evento chuvoso extremo provavelmente irá alterar significativamente esse sistema fluvial. Os exemplos mencionados dão base ao raciocínio evolutivo holocênico e mostram a intensidade das alterações do sistema fluvial que ocorreram e ocorrem na bacia estudada.

5. Conclusões

A evolução de uma bacia hidrográfica é complexa e contínua, resultante da ação de uma série de fatores de cunho geológico, climático e antrópico ao longo da escala de tempo longo e histórico. Os mecanismos de evolução dos sistemas fluviais estão diretamente relacionados à dinâmica de atuação de processos erosivo-deposicionais, principais agentes modeladores da paisagem, cuja intensidade e magnitude está relacionada tanto a variações de forças externas, tais como variações dos índices pluviométricos ou redução da cobertura vegetal (Leopold et al. 1964) e que são responsáveis por modificações significativas na dinâmica dos fluxos superficiais e subsuperficiais, quanto ao condicionamento estrutural do terreno (aspectos litológicos e tectônicos) e que levam a diferentes respostas na organização do relevo e da rede de drenagem.

Nesse contexto, a compreensão da diversidade morfodinâmica na bacia do rio Japuíba é fundamental para o planejamento e gestão dos recursos naturais do município. Algumas implicações desta análise incluem a identificação de áreas com alta susceptibilidade a processos erosivos e deposicionais e que são cruciais para prevenção de desastres naturais, como deslizamentos e inundações tão comuns no município de Angra dos Reis.

Em relação à escala de tempo longa a atividade tectono-estrutural foi o principal fator na formação do relevo escarpado que deu origem às serras locais e à configuração da rede de drenagem da bacia. Enquanto, em escala de tempo histórico, as variações nas intensidades do índice pluviométrico, com períodos de seca e chuvas intensas e, em muitos casos, extremas, associadas às alterações de uso da terra, desmatamentos, agricultura e a ocupação urbana são responsáveis por modificações na morfologia local, alterando os processos hidrológicos e geomorfológicos da bacia, acelerando a erosão, modificando o regime hídrico das calhas fluviais e a qualidade da água.

Os perfis sedimentográficos e datações por ^{14}C permitiram reconstituir a evolução quaternária do preenchimento aluvial no vale do rio Japuíba. Os resultados indicam uma sedimentação exclusivamente continental, registrando cinco fases evolutivas principais. A evolução iniciou-se com um evento de incisão fluvial associado à atividade tectônica. Subsequentemente, alternou entre fases de clima úmido

– caracterizadas por expansão vegetal e pedogênese (formação de horizonte A) – e fases mais secas ou com maior ocorrência de enxurradas – que promoveram erosão acentuada nas encostas e intensa sedimentação, esta última soterrando solos em formação, como atestado por depósitos orgânicos datados em 2.376 ± 71 anos AP.

Uma transição para condições mais úmidas provocou a concentração do fluxo fluvial, resultando em nova incisão e na formação do terraço superior (T1). Seguiu-se outro pulso de deposição por enxurradas, que depositou espessa sequência sedimentar no fundo do vale, sobre a qual se desenvolveu um paleossolo com matéria orgânica datada em 442 ± 57 anos AP. Condições de maior umidade levaram à nova fase de encaixamento fluvial expondo a parede do terraço mais baixo (T2). Esta dinâmica deposicional mostra como os mecanismos evolutivos dessa área são intensos e como a paisagem pode ser alterada em um curto intervalo de tempo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ pelo apoio nas atividades de campo e na compra de insumos para realização das datações por ^{14}C .

Declaração de autoria

F.P.F.: Conceituação; Investigação; Metodologia; Redação – rascunho original; Visualização.

T.M.S.: Supervisão; Redação – revisão e edição.

R.V.L.: Conceitualização e Metodologia.

F.M.O.: Metodologia; Investigação (análise laboratorial); Validação.

K.C.D.M.: Metodologia; Investigação (análise laboratorial); Validação

Referências

- BARRELLA, W., PETRERE JR., M., SMITH, W. S., MONTAG, L.D.A. 2001. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. p.109-122.
- CEPERJ. 2019. Mapa Estado do Rio de Janeiro - Regiões de Governo e Municípios. Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ceperj.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/Mapa-das-Regioes-de-Governo-e-Municipios-do-Estado-do-Rio-de-Janeiro-2019-CEPERJ.pdf>. Acesso em 15 janeiro 2022.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher. 313p.
- GOMEZ, B., JONES, J.P. 2010. *Research Methods in Geography*. Oxford: Blackwell Publishing Ltda. 458p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base Cartográfica Contínua do Estado do Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15807-estados.html?edicao=16037&t=acesso-ao-produto>. Acesso em 20 fevereiro 2021.
- LABORATÓRIO DE RADIOCARBONO (LAC – UFF) - Instituto de Física. Disponível em: <http://www.uff.br/>
- ?q=noticias/16-05-2016/instituto-de-fisica-da-uff-inaugura-laboratório-pioneiro-na-america-latina. Acesso em 22 junho 2021.
- LADEIRA, F.S.B.; SANTOS, M. 2005. O uso de paleossolos e perfis de alteração para a identificação e análise de superfícies geomórficas regionais: o caso da Serra de Itaquari (SP). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 6, n. 2, p.33-42.
- LEITE, R.V. 2021. *Morfoestratigrafia e Morfotectônica do Setor Noroeste da Bacia do rio Pirapetanga, Resende – RJ*. Dissertação de Mestrado em Geologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 150p.
- LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G., MILLER, J.P. 1964. *Processos fluviais em geomorfologia*. 1. ed. Nova Iorque: Dover Publicações, 538p.
- LIMA, W.P., ZAKIA M.J.B. 2000. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p.33-43.
- MANN, M. E., ZHANG, Z., RUTHERFORD, S., BRADLEY, R. S. 2009. Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*, 326 (5957): 1256–1260.
- MATHER, A. E., STOKES, M., WHITFIELD, E. 2017. River terraces and alluvial fans: the case for an integrated Quaternary fluvial archive. *Quaternary Science Reviews*, 166: 74-90. <https://doi.org/10.1016/j.qsres.2017.04.016>.
- MELLO, C. L. 1997. Evolução da paisagem e depósitos quaternários no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 18(1): 3-21.
- MELO, M. S. MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B.; SANTOS, G. J. C.; PEREIRA, E. R.; BOGGIANI, P. C.; PESSENDA, L. C. R. 2003. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. *Revista Geociências*, 22(1): 33-42.
- NOVELLO, V.F., CRUZ, F.W., MOQUEST, J.S., VUILLE, M., PAULA, M.S., NUNES, D. 2018. Dois milênios de Atlântico Sul Reconstrução da variabilidade da zona de convergência construído a partir de proxies isotópicos. *Cartas de Pesquisa Geofísica*, 45:5045–5051. <https://doi.org/10.1029/2017GL076838>.
- NOWATZKI, C.H. 2005. *Fundamentos de geologia arqueológica*. Núcleo de Estudos e pesquisas em geologia arqueológica-NEPGEA, São Leopoldo-RS, 61p.
- PASSOS, A.S., DIAS, F.F., SANTOS, P.R.A., BARROS, S.R.S., SOUZA, C.R.G., BERNARDINO, D., ARAUJO, J.C., VARGAS, R., SANTOS, C.A. 2019. Evaluation of the effects of a possible sea-level rise in Mangaratiba – RJ. *Journal of Coastal Conservation*. 23:355–366. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0665-2>.
- PAZZAGLIA, F.J. 2013. Fluvial Terraces. *Treatise on Geomorphology*, 9:379-412. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00248-7>. Acesso em 15 março 2021.
- RICCOMINI, C., GROHMANN, C.H., SANT'ANNA, L.G., HIRUMA, S.T. 2010. A Captura das Cabeceiras do rio Tietê pelo rio Paraíba do Sul. In: MONDENSEI-GAUTTIERI, M. C., BARTORELLI, A., MANTESSO-NETO, V., CARNEIRO, C. Dal Ré, LISBOA, M.B.A.L. 2010. *A Obra de Aziz Nacib Ab'Sáber*. São Paulo: BECA, p. 157-169.
- SELLEY, R.C. 1968. A Classification of paleocurrent models. *The Journal of Geology*, 76(1):99-110.
- SEMMELE, A. 1989. Palaeopedology and geomorphology: examples from the western part of Central Europe. *Catena*, Suppl. 16: 143-162. Cremlingen. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19911959678>. Acesso em 06 setembro 2024.
- SILVA, S.L.S. 2010. Extração de areia na região metropolitana do Rio de Janeiro - Distribuição espacial e parâmetros de análise na indicação de áreas produtoras. Dissertação de Mestrado em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 111p.
- SILVA, T.M. 2002. A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 265p.
- SILVA, T.M., PAES, T.V. 2018. Parâmetros morfométricos aplicados a análise tectono-erosiva em bacias de drenagem. *Revista GeoUERJ*, 33:01-26.

- SOARES, E.P. 2006. Caracterização da precipitação na região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 145p.
- SOUZA, J. R., AZEVEDO SOBRINHO, J. M. 2015. Beachrocks em Ubatuba (SP) e variações do nível do mar em depósitos praias holocênicos. Revista Brasileira de Geomorfologia, 16(3):321-338.
- SUGUIO, K. 1999. Geologia do quaternário e mudanças ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 308p.
- SUMMERFIELD, M.A. 1991. Global Geomorphology. New York: John Wiley e Sons. 537p.

¹Recebido 16 de abril de 2026
Aceito 28 de julho de 2026