



ANÁLISE SEDIMENTAR DE TERRAÇOS FLUVIAIS QUATERNÁRIOS NA BACIA DE RESENDE

Gabrieli Santos Cautterucci Rodrigues ¹
André Pires Negrão ²

RESUMO

A Bacia de Resende, situada no médio curso do rio Paraíba do Sul (RJ), constitui um dos principais registros sedimentares continentais do Cenozóico na região Sudeste do Brasil. Inserida no Segmento Central do Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), a área abriga depósitos fluviais interpretados como quaternários, cuja gênese reflete a interação entre processos tectônicos, climáticos e hidrossedimentares. Este trabalho tem como objetivo caracterizar sistematicamente os depósitos quaternários da região, buscando compreender sua evolução paleoambiental e paleoclimática. Foram analisados três terraços fluviais (TQR-1, TQR-2 e TQR-3) por meio de análises sedimentares e datação absoluta por Luminescência Opticamente Estimada (LOE), com aplicação dos protocolos SAR, IRSL a 50 °C e pIRIR290. Os resultados indicam que os terraços estudados foram gerados em diferentes fases do Pleistoceno Médio e Superior, sob distintos regimes fluviais — ora de alta energia, vinculados a sistemas entrelaçados e clima mais seco, ora marcados por estabilidade morfodinâmica e pedogênese, refletindo fases mais úmidas. A variação altimétrica dos terraços, associada às discordâncias erosivas e à sobreposição descontínua das unidades, sugere ciclos deposicionais controlados por oscilações climáticas e neotectônicas, compatíveis com a dinâmica do RCSB. Os dados reunidos permitem propor um modelo preliminar de evolução paleoambiental para a bacia de Resende, contribuindo para a compreensão dos processos morfossedimentares do Quaternário no Sudeste brasileiro.

INTRODUÇÃO

O Quaternário, período que compreende os últimos 2,58 milhões de anos, foi marcado por intensas oscilações climáticas globais, com alternância entre períodos glaciais e interglaciais. Essas variações deixaram impactos expressivos nos sistemas continentais, promovendo mudanças na vegetação, nos padrões hidrológicos e nos processos de sedimentação e erosão (Lowe & Walker, 2015). No Brasil, apesar da ausência de glaciações continentais diretas, tais mudanças foram registradas em ambientes tropicais e subtropicais por meio da modificação de sistemas fluviais, paleossolos e depósitos coluviais e aluviais (Suguio et al., 2005; Behling et al., 2002; Cruz Jr. et al., 2009). Os ambientes fluviais pretéritos, especialmente os terraços

¹ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade de São Paulo, gabrielicaut@usp.br;

² Professor Doutor do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, andrenegrao@usp.br;



fluviais, constituem importantes arquivos naturais dessas mudanças ambientais. Esses terraços representam antigas planícies de inundação estabilizadas, cuja gênese está relacionada a eventos de agradação, entalhamento fluvial, variações climáticas e reorganização tectônica (Miall, 2006). Estudos de sistemas fluviais quaternários têm demonstrado que os terraços preservam registros valiosos da dinâmica climática e tectônica regional, permitindo a reconstrução paleoambiental e paleoclimática de bacias hidrográficas em distintas escalas (Almeida et al., 2018; OLIVEIRA, S. C et al., 2019). Nesse sentido, os depósitos sedimentares quaternários ao longo do vale do Rio Paraíba do Sul podem ser considerados um dos principais registros das condições paleoambientais e paleoclimáticas do contexto continental do Sudeste do Brasil.

Na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, destaca-se a Bacia de Resende, situada no médio curso deste rio, no sul fluminense. Esta bacia sedimentar é um dos principais sítios de registros continentais cenozoicos do Sudeste brasileiro, e, juntamente com as bacias de Volta Redonda, Taubaté e São Paulo, compõe o Segmento Central do Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), conforme definido por Riccomini (1989). Inserida em contexto geológico ativo, a Bacia de Resende apresenta importantes registros sedimentares sob a forma de terraços fluviais pleistocênicos e holocênicos, constituindo uma área estratégica para a investigação das condições ambientais quaternárias. Oscilações do nível de base, processos de subsidência e soerguimento tectônico, mudanças climáticas e interferências antrópicas são fatores que podem ser avaliados por meio da análise desses depósitos.

Embora mencionada na bibliografia geológica desde o século XIX (Derby, 1884), a região carece de estudos sistemáticos voltados à caracterização sedimentológica e estratigráfica dos depósitos quaternários e à sua integração com variáveis paleoclimáticas. A interpretação dessas unidades exige uma abordagem metodológica detalhada, pois, embora os depósitos quaternários geralmente apresentem gênese fluvial clara, a recorrência de fácies similares, sua distribuição irregular no relevo e a descontinuidade espacial dificultam o estabelecimento de uma litoestratigrafia precisa (Moura & Mello, 1991). Assim, torna-se necessária a aplicação de técnicas específicas de análise sedimentar, correlação estratigráfica e datação absoluta, como a luminescência opticamente estimulada (LOE), para a construção de um quadro paleoambiental mais robusto.

Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo preencher esta ausência de informações, iniciando estudos descritivos sistemáticos destes registros sedimentares, de modo a subsidiar discussões acerca da estratigrafia, paleoambientes deposicionais e suas relações com as condições paleoclimáticas e tectônicas quaternárias aplicáveis ao contexto continental do sudeste brasileiro.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Com o auxílio do software QGIS, foi produzido um mapa geológico em escala 1:50.000 e elaborado um Modelo Digital de Superfície (MDS) da área de estudo, utilizando dados do programa Copernicus com resolução de 30 metros. Esses dados foram reprojatados para o sistema SIRGAS 2000 / UTM zona 23S e processados com o plugin Qgis2threejs, permitindo a visualização tridimensional da topografia e a identificação das principais feições geomorfológicas. Essa etapa foi fundamental para orientar a escolha dos terraços fluviais analisados (TQR1, TQR2 e TQR3), todos posicionados topograficamente acima do nível atual de um canal fluvial ativo, o que já indica, do ponto de vista geomorfológico, um possível terraço fluvial abandonado.

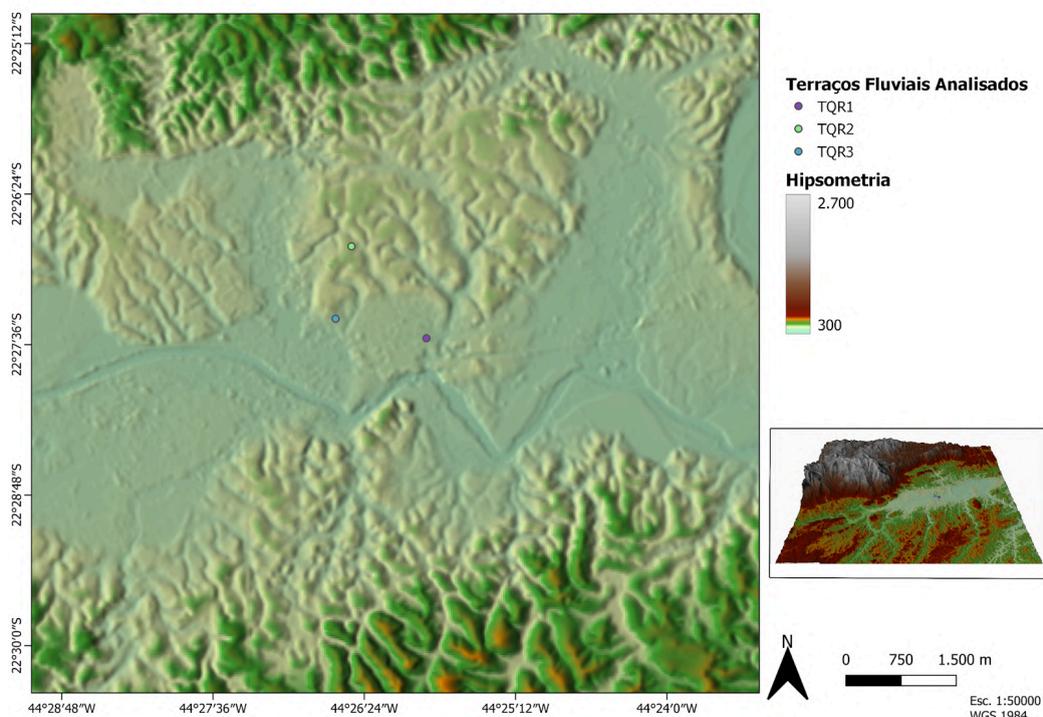


Figura 1: Mapa hipsométrico e modelo topográfico 3D da região da Bacia de Resende, com os afloramentos TQR1, TQR2 e TQR3. Elaborado por Gabrieli. S.C. Rodrigues.

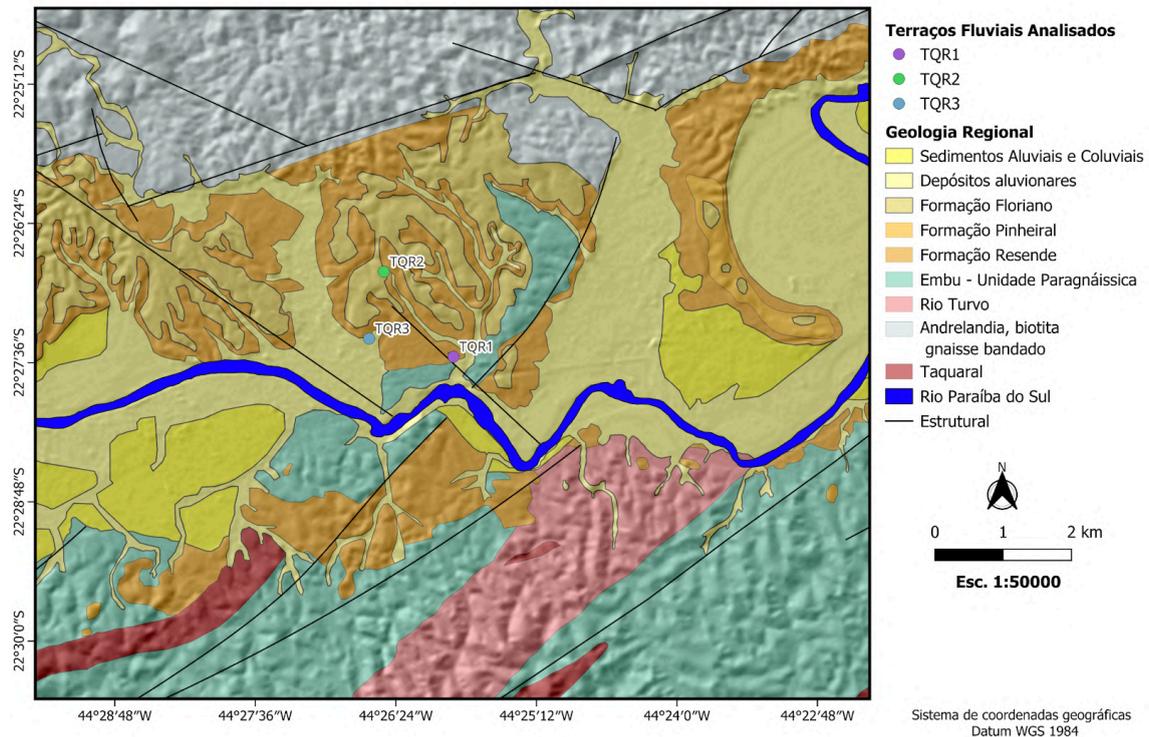


Figura 2: Mapa geológico regional na escala 1:50.000 da área de estudo, localizada no médio curso do rio Paraíba do Sul, município de Resende (RJ), com destaque para a posição dos afloramentos TQR-1, TQR-2 e TQR-3. Elaborado por Gabrieli. S.C. Rodrigues.

Em campo foi realizada a descrição detalhada dos afloramentos e a coleta de amostras para datação. A descrição seguiu os protocolos sedimentológicos clássicos propostos por Miall (1996), contemplando a análise de textura, granulometria, forma e composição dos clastos, tipo de matriz, coloração, estruturas sedimentares, variações laterais e verticais e grau de intemperismo. Foram coletadas sete amostras no total, distribuídas entre os três afloramentos principais. As coletas foram realizadas com tubos de alumínio de 50 cm de comprimento, vedados com lona preta e fita isolante para evitar qualquer exposição à luz solar, garantindo a integridade do material para análise por Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE). As amostras coletadas foram analisadas no Laboratório de Geocronologia por Luminescência (LEGAL), no Instituto de Geociências da USP. O preparo laboratorial incluiu peneiramento úmido para seleção das frações granulométricas específicas (180–250 μm para quartzo e 63–250 μm para feldspato), remoção de matéria orgânica e carbonatos com H_2O_2 e HCl , e separação mineralógica com metatungstato de lítio. Para o quartzo, foi aplicado o protocolo SAR (Single-Aliquot Regenerative Dose), de acordo com Murray e Wintle (2000), enquanto



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

para os feldspatos foram utilizados os protocolos IRSL a 50 °C (idade mínima, sujeito a fading) e pIRIR290 (idade máxima, com mitigação do fading), conforme descrito por Buylaert et al. (2012). As análises de LOE permitiram datar com precisão o momento em que os sedimentos foram enterrados, sendo especialmente eficazes para ambientes fluviais com grãos de quartzo e feldspato previamente expostos à luz solar.

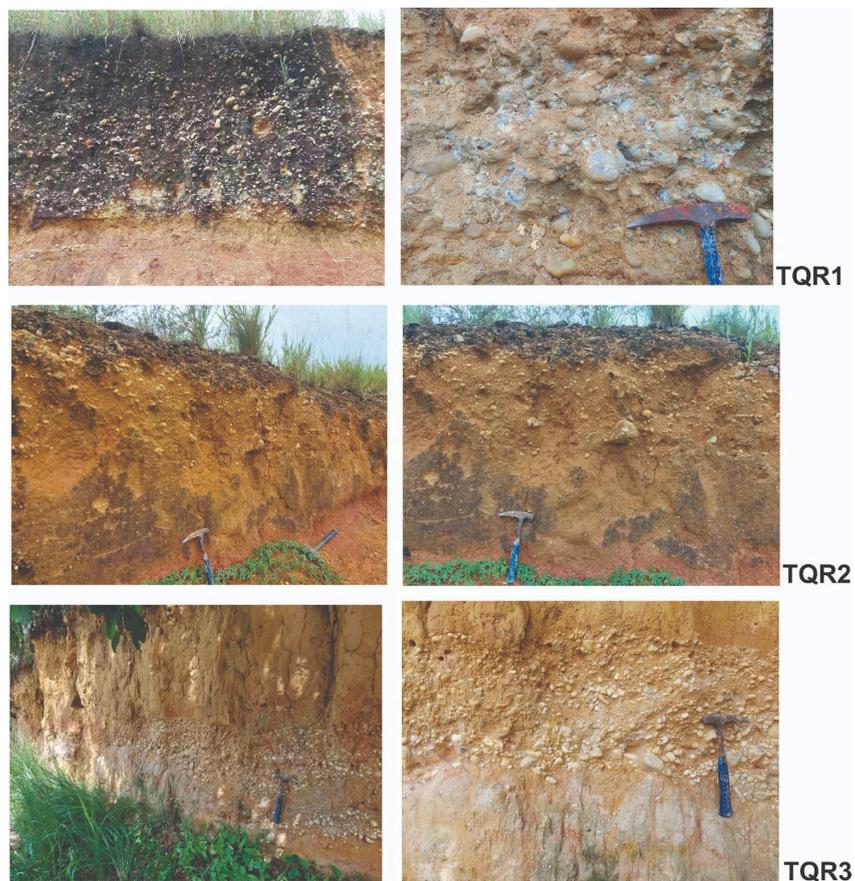


Figura 3: Fotografias de campo dos afloramentos representativos dos terraços fluviais analisados: TQR1 (topo), TQR2 (meio) e TQR3 (base), evidenciando variações texturais, pedogênese e estrutura dos depósitos sedimentares quaternários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os três afloramentos estudados (TQR-1, TQR-2 e TQR-3) revelam registros sedimentares distintos associados à evolução da calha do rio Paraíba do Sul durante o Pleistoceno, sendo interpretados como diferentes níveis de terraços fluviais formados sob variados regimes hidrossedimentares e condições paleoclimáticas.



O afloramento TQR-1, situado a aproximadamente 400 m de altitude, às margens da Rodovia Presidente Dutra (Coordenadas UTM: 23K 558459 / 7516239), apresenta ortoconglomerados espessos com clastos quartzosos e feldspáticos bem arredondados, distribuídos de forma desorganizada em matriz arenosa grossa. As estruturas maciças e ausência de estratificações primárias, combinadas à granulodecrescência vertical, indicam uma sedimentação de alta energia fluvial, provavelmente relacionada a um sistema entrelaçado (braided) com transporte intenso durante eventos hidrológicos extremos (Christofolletti, 1981; Stevaux e Latrubesse, 2017). A discordância erosiva sobre a Formação Resende indica significativa incisão fluvial anterior à deposição. A pedogênese incipiente na porção superior revela um posterior período de estabilidade morfodinâmica. As idades mínimas estimadas com base no quartzo OSL variaram entre 59300 ± 5270 (TQR-1D) e 164669 ± 18415 (TQR-1C). As idades obtidas por feldspato pIRIR290 situam-se entre 230773 ± 16786 (TQR-1B) e 515323 ± 31957 (TQR-1C). Já as idades mínimas derivadas da técnica IR50 variaram de 136614 ± 12327 anos a 292074 ± 51893 mil anos, embora as idades devam ser vistas com cautela em função da saturação dos sinais. Ainda assim, os valores sustentam a atribuição pleistocênica para o terraço e corroboram sua gênese em um contexto climático seco e instável.

O TQR-2, posicionado cerca de 40 m acima da calha atual, em um barranco à margem da estrada da Pedra Selada, próximo à placa de entrada do município de Resende, RJ (Coordenadas UTM: 23K 557433 / 7517588), apresenta fácies ortoconglomeráticas com matriz areno-argilosa avermelhada, ausência de estratificação e baixa seleção granulométrica. A presença de feições de pedogênese (coloração manchada, bioturbação e manchas de óxidos) na porção superior evidencia uma fase de exposição subaérea prolongada e estabilidade superficial. As idades obtidas são de 250.997 ± 15.681 anos (feldspato pIRIR290) e uma idade mínima de 82.657 ± 14.203 anos (feldspato IRSL a 50°C), com parte das amostras não saturadas, o que confere maior robustez à leitura cronológica. As características sedimentológicas e pedogenéticas indicam deposição em regime fluvial episódico seguido de estabilidade prolongada, possivelmente em um contexto de clima subúmido a úmido. Essa interpretação é reforçada pela relação estratigráfica com a Formação Floriano, marcada por um hiato deposicional expressivo, e pelo posicionamento topográfico, compatível com eventos de incisão fluvial associados a mudanças climáticas ou tectônicas sutis.



O afloramento TQR-3, localizado a 410 m de altitude no município de Resende (RJ), na Rua Domingos Storino (Coordenadas UTM: 23K 557226 / 7516516), revela uma sucessão de ortoconglomerados mal selecionados com matriz arenosa grossa, clastos bem arredondados e matriz pouco compactada. A ausência de estruturas primárias e a presença de intemperismo mais acentuado no topo sugerem deposição em ambiente de alta energia seguida por relativa estabilização superficial. Os resultados obtidos indicaram uma idade mínima de 73721 ± 8962 mil anos (feldspato IR50) e uma idade máxima de 162051 ± 21328 (feldspato pIRIR290) para TQR-3A, já no TQR-3B a idade mínima foi de 60498 ± 5499 mil anos (feldspato IR50) e de 177530 ± 19446 (feldspato pIRIR290), cabe ressaltar que as amostras do TQR3 não saturaram e são as com o menor desvio padrão, apresentando dessa forma as idades mais precisas. Os resultados indicam idade pleistocênica superior e reforçam a interpretação de que esse terraço representa uma superfície elevada e abandonada pela dinâmica fluvial atual. Assim como em TQR-1, a presença de clastos feldspáticos pouco alterados e matriz areno-quartzosa aponta para uma sedimentação sob clima mais frio e seco, com menor intensidade de intemperismo químico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os depósitos sedimentares analisados na área de Resende (RJ) representam distintos episódios deposicionais associados à dinâmica fluvial pleistocênica do rio Paraíba do Sul. A análise faciológica integrada revela a predominância de ortoconglomerados mal selecionados, com clastos arredondados e matriz arenosa grossa, sem evidência clara de estratificação primária, indicando deposição em ambientes de alta energia, típicos de sistemas fluviais entrelaçados (braided rivers), conforme caracterizado por Miall (1996) e Bridge (2003). A presença de granulodecrescência vertical, aliada à ausência de estruturas sedimentares organizadas, sugere um padrão deposicional dominado por pulsos hidrológicos de curta duração e alto potencial destrutivo, compatível com regimes fluviais sazonalmente contrastantes, sob condições climáticas frias e secas (Tricart, 1977; Stevaux & Latrubesse, 2017).

As idades obtidas por luminescência, indicam que os depósitos correspondem a diferentes fases da evolução pleistocênica da planície aluvial, abrangendo tanto o



Pleistoceno Médio quanto o Superior. Embora parte dos resultados (como os obtidos com OSL em quartzo e pIRIR290 em feldspato) apresentam saturação, o conjunto cronológico pode apontar para pelo menos três ciclos deposicionais distintos, intercalados por episódios de estabilização superficial e pedogênese. A presença de horizontes superiores intemperizados, com feições de bioturbação e manchas de óxidos de ferro e manganês, reforça a interpretação de fases de estabilidade geomorfológica prolongada, associadas à diminuição da atividade fluvial e ao desenvolvimento de solos sob clima mais úmido (Schumm, 1977; Suguio et al., 2005).

Essa alternância entre regimes deposicionais de alta energia e fases de estabilização pedológica está em consonância com os modelos de resposta fluvial às variações climáticas do Quaternário, como proposto por Tooth (2000) e Schumm (1977), nos quais oscilações orbitais e mudanças no nível de base provocam ciclos de incisão e agradação fluvial. A incisão fluvial registrada nos contatos erosivos com as formações subjacentes (Resende e Floriano) sugere uma dinâmica controlada não apenas por forçantes climáticas, mas também por reativações tectônicas sutis, coerentes com o contexto do Rife Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini & Assumpção, 1999). O posicionamento altimétrico relativo dos terraços e a sobreposição descontínua dos pacotes sedimentares corroboram a existência de reorganizações fluviais associadas a eventos climáticos e neotectônicos que afetaram a bacia do médio Paraíba do Sul ao longo do Pleistoceno.

A composição do arcabouço, com abundância de seixos feldspáticos pouco alterados, indica um contexto paleoambiental de menor grau de intemperismo químico, reforçando a hipótese de que parte das deposições ocorreu sob clima mais frio e seco, como sugerem os registros palinológicos para o Sudeste brasileiro durante o Último Máximo Glacial (Behling et al., 2002). Por outro lado, as evidências de pedogênese mais expressiva em algumas unidades, especialmente nas porções superiores dos depósitos, refletem fases posteriores de estabilidade morfodinâmica e condições climáticas mais úmidas, propícias à formação de solos e reorganização superficial da paisagem fluvial.

Os registros sedimentares da Bacia de Resende refletem a complexa interação entre dinâmica fluvial, pulsos tectônicos e oscilações paleoclimáticas ao longo do Quaternário. Os diferentes níveis de terraços fluviais preservam testemunhos da evolução paleoambiental da calha do rio Paraíba do Sul, integrando momentos de



agração intensa com fases de incisão e estabilização que marcaram o desenvolvimento da paisagem atual. Esses resultados contribuem para o avanço da compreensão sobre a organização estratigráfica e os processos morfossedimentares em bacias tectonicamente ativas do Sudeste do Brasil, conforme discutido também em estudos análogos realizados em outras bacias fluviais tropicais (Suguio et al., 2005; Miall, 1996).

Palavras-chave: Bacia de Resende; Terraços fluviais; Luminescência opticamente estimulada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. P. et al. Padrões deposicionais e implicações paleoambientais dos terraços fluviais do médio rio São Francisco, MG. *Geociências*, v. 37, n. 2, p. 325–338, 2018.
- BEHLING, H. et al. Late Quaternary vegetation and fire history in the Brazilian Atlantic rainforest region of Serra do Mar, São Paulo State, southeastern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 177, p. 379–392, 2002.
- BRIDGE, J. S. *Rivers and Floodplains: Forms, Processes, and Sedimentary Record*. Oxford: Blackwell Publishing, 2003.
- BUYLAERT, J. P. et al. A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments. *Boreas*, v. 41, n. 3, p. 435–451, 2012.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- CRUZ Jr., F. W. et al. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature*, v. 434, p. 63–66, 2005.
- DERBY, O. A. Algumas notas geológicas sobre a Província do Rio de Janeiro. *Revista do Instituto Politécnico*, v. 2, p. 181–185, 1884.
- LOWE, J. J.; WALKER, M. J. C. *Reconstructing Quaternary Environments*. 3. ed. Londres: Routledge, 2015.
- MIALL, A. D. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Berlin: Springer-Verlag, 1996.
- MIALL, A. D. How do we identify big rivers? And how big is big?. *Sedimentary Geology*, v. 186, p. 39–50, 2006.



MOURA, C. A. V.; MELLO, J. M. C. A Formação Resende (Neógeno–Quaternário) no estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: SBG, 1991. p. 79–83.

MURRAY, A. S.; WINTLE, A. G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements*, v. 32, n. 1, p. 57–73, 2000.

OLIVEIRA, S. C. et al. Depósitos fluviais quaternários e evolução geomorfológica da bacia do rio Doce (MG-ES). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 2, p. 309–327, 2019.

RICCOMINI, C. Tectônica Cenozóica nas Bacias Sedimentares Brasileiras e seu Significado Geodinâmico. Tese (Livre-docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C.; ASSUMPÇÃO, M. Quaternary tectonics in the intraplate interior of SE Brazil: Precise movements and evidence of reactivation. *Geological Society of America Bulletin*, v. 111, n. 1, p. 124–138, 1999.

SCHUMM, S. A. *The Fluvial System*. New York: Wiley-Interscience, 1977.

STÉVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Geomorfologia fluvial. In: ROSSETTI, D. F. et al. (Org.). *Paleontologia e Paleoambientes da Amazônia Legal*. Belém: MPEG, 2017. p. 11–43.

SUGUIO, K. et al. Paleoclimas do Quaternário no Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências da USP*, v. 6, n. 1, p. 1–17, 2005.

TOOTH, S. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. *Earth-Science Reviews*, v. 51, p. 67–107, 2000.

TRICART, J. *Princípios de Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.