

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

GABRIELI SANTOS CAUTTERUCCI RODRIGUES

**Caracterização de Terraços Fluviais Pleistocênicos da Bacia de
Resende, RJ: Uma Abordagem Sedimentar e Geocronológica**

São Paulo

2025

GABRIELI SANTOS CAUTTERUCCI RODRIGUES

**Caracterização de Terraços Fluviais Pleistocênicos da Bacia
de Resende, RJ: Uma Abordagem Sedimentar e
Geocronológica**

Trabalho de Graduação Individual (TGI)
apresentado ao Departamento de
Geografia da Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas, da
Universidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Geografia.

Orientador: Professor Dr. Fernando Nadal
Junqueira Villela

São Paulo

2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador do Trabalho de Graduação Individual, Dr. Fernando Nadal Junqueira Villela, pelo acompanhamento ao longo deste processo e pelas excelentes aulas ministradas no início da graduação, que despertaram em mim o interesse e a paixão pela Geomorfologia.

Ao meu orientador de Iniciação Científica, Dr. André Pires Negrão, cujos ensinamentos, apoio constante e companheirismo deixaram marcas que levarei para toda a minha trajetória acadêmica.

À minha mãe e à minha avó, por estarem sempre ao meu lado, me incentivando, acreditando em mim e sendo exemplos de força, coragem e amor. São minha maior inspiração para ser uma mulher forte e resiliente, como vocês.

Aos meus sobrinhos, Leonardo e Lucas, deixo a esperança de que eu possa ser, um dia, motivo de inspiração para vocês.

Aos meus amigos, em especial aos que acompanharam de perto toda minha trajetória acadêmica do início ao fim, Anna Clara, Iuri Almeida, Janine Passos e Shirley Ramos, eu agradeço profundamente por vocês deixarem São Paulo um pouco mais parecida com um lar para mim.

À toda a equipe do Departamento de Gestão Territorial da CPRM, pela oportunidade de aplicar, na prática, os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação, mapeando regiões do Brasil que eu jamais imaginei conhecer. Estendo meus sinceros agradecimentos em especial ao geógrafo Marcelo Eduardo Dantas, pelos valiosos ensinamentos, por acreditar no meu potencial ao longo dessa jornada e por me inspirar profundamente em nossa belíssima profissão.

À equipe do Laboratório de Geocronologia por Luminescência (LEGAL/IGc-USP), pelo excelente trabalho que tornou esta pesquisa possível. Um agradecimento especial à técnica Dra. Thays Desirée Mineli, pela atenção, paciência e dedicação no esclarecimento de todas as dúvidas ao longo do processo.

À Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso ao oferecer um ensino gratuito e de qualidade.

“Os livros de geografia — disse o geógrafo — são os mais exatos. Nunca ficam ultrapassados. É muito raro que uma montanha mude de lugar. É muito raro um oceano secar. Nós escrevemos coisas eternas. [...]”

SAINT-EXUPÉRY, Antoine. O pequeno príncipe. Rio de Janeiro: Agir, 2006. p. 53–56.

RESUMO

A Bacia de Resende, situada no médio curso do rio Paraíba do Sul (RJ), constitui um dos principais registros sedimentares continentais do Cenozoico 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 parte dos depósitos quaternários da região, buscando compreender sua evolução paleoambiental e paleoclimática. Foram investigados três terraços fluviais (TQR-1, TQR-2 e TQR-3) por meio de análises de fácies sedimentares e datação absoluta por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), com aplicação dos protocolos de Dose Regenerativa de Alíquota Única (SAR) e Luminescência Estimulada por Infravermelho (IRSL). Os resultados indicaram 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 de canais múltiplos entrelaçados e clima mais seco, ora marcados por estabilidade morfodinâmica e pedogênese, refletindo fases climáticas 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 o pleistoceno da Bacia de Resende, contribuindo para a compreensão dos processos sedimentares do Quaternário no Sudeste brasileiro.

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

ABSTRACT

The Resende Basin, located in the middle course of the Paraíba do Sul River (Rio de Janeiro), constitutes one of the main continental sedimentary records of the Cenozoic in southeastern Brazil. It is part of the Central Segment of the Southeastern Brazil Continental Rift (RCSB). The area hosts fluvial deposits interpreted as Quaternary in age, whose genesis reflects the interaction between tectonic, climatic, and hydro-sedimentary processes. This study aims to systematically characterize the Quaternary deposits of the region, seeking to understand their paleoenvironmental and paleoclimatic evolution. Three fluvial terraces (TQR-1, TQR-2, and TQR-3) were analyzed through sedimentary studies and absolute dating using Optically Stimulated Luminescence (OSL), applying the SAR protocol, IRSL at 50 °C, and pIRIR290. The results indicate that the studied terraces were formed during different phases of the Middle and Late Pleistocene under distinct fluvial regimes — alternating between high-energy systems associated with braided multi-channel rivers under drier climates, and periods marked by morphodynamic stability and pedogenesis, reflecting more humid climatic phases. The altimetric variation of the terraces, associated with erosional unconformities and the discontinuous superposition of units, suggests depositional cycles controlled by climatic oscillations and subtle neotectonic activity, consistent with the dynamics of the RCSB. The data allow for the proposal of a preliminary paleoenvironmental evolution model for the Resende Basin, contributing to the understanding of Quaternary sedimentary processes in southeastern Brazil.

Keywords: Resende Basin; Fluvial terraces; Optically Stimulated Luminescence.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1. ÁREA DE ESTUDO.....	13
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos:.....	18
3. JUSTIFICATIVA.....	18
4. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS.....	18
4.1 Levantamento bibliográfico e confecção de mapas.....	18
4.2 Levantamentos de campo: Descrição de afloramentos e coleta de amostras para datação.....	20
4.3 Caracterização dos depósitos sedimentares.....	25
4.4 Datação por por Luminescência Opticamente Estimulada.....	26
5. RESULTADOS.....	28
6. DISCUSSÕES.....	38
7. CONCLUSÕES.....	43

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Mapa de localização da bacia de Resende no contexto nacional e estadual, com destaque para os principais núcleos urbanos na área basinal e para o rio Paraíba do Sul. Extraído de Ramos (2003)..... 14
- Figura 2:** Mapa geológico e estratigrafia das bacias de Resende e Volta Redonda. Círculos azuis correspondem aos terraços fluviais analisados, pontos TQR 1, 2 e 3. Extraído e modificado de Negrão et al (2020)..... 15
- Figura 3:** Diagrama litostratigráfico integrado das bacias de Resende e Volta Redonda, onde estão mapeadas e representadas as unidades e as fases tectônicas. Extraído de Negrão et al (2020)..... 16
- Figura 4:** Localização dos terraços fluviais TQR-1, TQR-2 e TQR-3 em Resende (RJ), sobre imagem do Google Satellite (2025). Organização: Autora (2025)..... 17
- Figura 5:** 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. Organização: Autora (2025)..... 21
- Figura 6:** Coleta de amostras para datação por luminescência opticamente estimulada (LOE). À esquerda, inserção do tubo de alumínio com auxílio de marreta no afloramento TQR1. À direita, tubo após extração, com vedação cuidadosa nas extremidades com lona preta e fita isolante, garantindo o isolamento da amostra até seu envio ao laboratório..... 22
- Figura 7:** Ponto de coleta TQR-1-A,B,C e D. Seta indica localização aproximada das amostragens. Tubos foram inseridos a aproximadamente 50 cm.....23
- Figura 8:** Ponto de coleta TQR-2. Tubos foram inseridos a aproximadamente 50 cm. 24
- Figura 9:** Ponto de coleta TQR-3-A e B. Seta indica localização aproximada das amostragens. Tubos foram inseridos a aproximadamente 50 cm.....24
- Figura 10:** 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.Organização:

Autora (2025).....	29
Figura 11: Fotomosaico do TQR1. Organização: Autora (2025).....	30
Figura 12: Perfil estatigráfico do TQR1. Organização: Autora (2025).....	31
Figura 13: Registro estratigráfico e fotográfico do afloramento TQR-2, localizado à margem da estrada da Pedra Selada (Resende-RJ). Adaptado de: Sedorko et al 2024. Organização: Autora (2025).....	35
Figura 14: Fotomosaico interpretativo do afloramento TQR-3, evidenciando ortoconglomerado com clastos mal selecionados em matriz arenosa grossa. Organização: Autora (2025).....	37
Figura 15: Fotografia e figura interpretativa do afloramento TQR-3. Organização: Autora (2025).....	38
Figura 16: Modelo de sistema fluvial entrelaçado (extraído de Sanson, 2006 e modificado de Miall, 1996).....	39
Figura 17: Mapa hipsométrico e modelo topográfico 3D da região da Bacia de Resende, com os afloramentos TQR1, TQR2 e TQR3. Organização: Autora (2025)....	41
Figura 18: Perfil topográfico da área de estudo com localização dos terraços e seus respectivos registros estratigráficos.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Protocolos de dose regenerativa de alíquota única usados para determinação de doses equivalentes em quartzo (OSL) e feldspato potássico (pIRIR50,290).....	28
Tabela 2: Dados de dose equivalente e idades mínimas calculadas usando OSL de quartzo. (n - Número de alíquotas usadas no cálculo da dose equivalente , MA - Média aritmética (erro padrão) , ^a Dose equivalente calculada.).....	33
Tabela 3: Dados de dose equivalente e idades calculadas usando o feldspato de potássio pIRIR290. (n - Número de alíquotas usadas no cálculo da dose equivalente , MA - Média aritmética (erro padrão), CAM - Modelo de idade central , OD - Superdispersão , ^a Dose equivalente calculada.).....	34
Tabela 4: Dados de dose equivalente e idades calculadas usando feldspato de potássio IR50. (n - Número de alíquotas usadas no cálculo da dose equivalente , MA - Média aritmética (erro padrão), CAM - Modelo de idade central , OD - Superdispersão , ^a Dose equivalente calculada.).....	34

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 (Suguio, 2004). 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 fluviais, constituem importantes arquivos naturais dessas mudanças ambientais, cuja gênese está relacionada a eventos de agradiação, 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 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 sedimentar de Resende, situada no médio curso deste rio, no sul fluminense. Esta bacia 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). 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 alostratigrafia 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 dos depósitos sedimentares, paleoambientes deposicionais e suas relações com as condições paleoclimáticas e tectônicas quaternárias aplicáveis ao contexto continental do sudeste brasileiro.

1. ÁREA DE ESTUDO

A bacia de Resende, situada no oeste do estado do Rio de Janeiro, região do Médio Paraíba dos Sul, abrange os municípios de Engenheiro Passos, Itatiaia, Penedo, Resende, Floriano, Porto Real e Quatis. Seu acesso é feito pela rodovia Presidente Dutra, que atravessa seu eixo longitudinal.

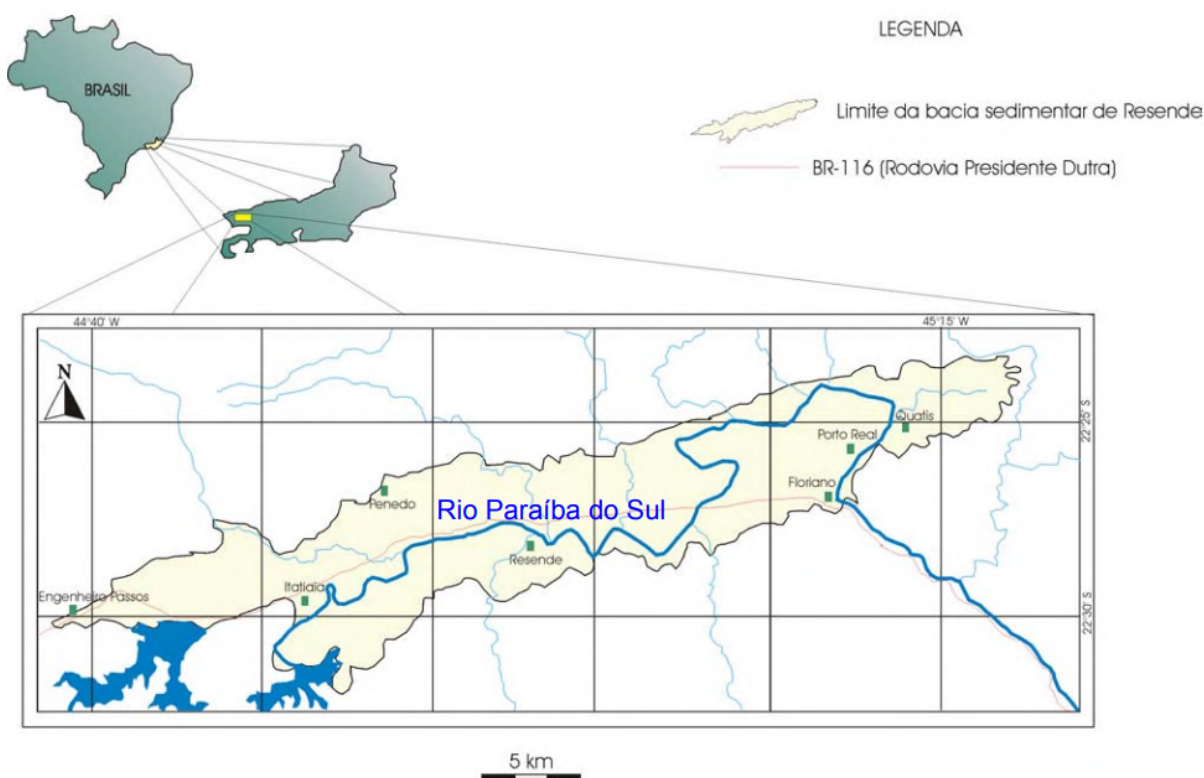


Figura 1: Mapa de localização da bacia de Resende no contexto nacional e estadual, com destaque para os principais núcleos urbanos na área basinal e para o rio Paraíba do Sul. Extraído de Ramos (2003).

Quanto ao contexto tectônico regional, a Bacia de Resende insere-se no Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), que se estende por cerca de 900km do Paraná até o Rio de Janeiro (Riccomini, 1989). Sua evolução tectonossedimentar está vinculada a um processo de rifteamento durante todo o Paleógeno, sendo controlado por falhas normais de direção NE-SW a ENE-WSW, e zonas de transferência NW-SE, ambas reativando estruturas pré-cambrianas da Faixa Ribeira (Riccomini et al., 2004).

Esta bacia constitui um sistema de depocentros (hemigrabens) alongados, com cerca de 43km de comprimento e 6 km de largura média. A área preenchida por rochas sedimentares e coberturas quaternárias é calculada em cerca de 240 km² (Ramos, 2003), e a espessura sedimentar total que pode atingir até 550 m, estimados por métodos gravimétricos (Escobar, 1999). A Bacia de Resende tem seu embasamento representado principalmente por rochas metamórficas e granitóides intrusivas de idades variando do paleoproterozóico ao neoproterozóico, pertencentes a Faixa Ribeira, cuja evolução está vinculada a orogênese brasileira (Heilbron et al

2004). Diques de diabásio mesozoicos (Guedes et al 2005) e plútons de rochas alcalinas neocretáceas (maciços do Itatiaia e Morro Redondo), Silva & Cunha (2001) ocorrem intrudindo o embasamento precambriano.

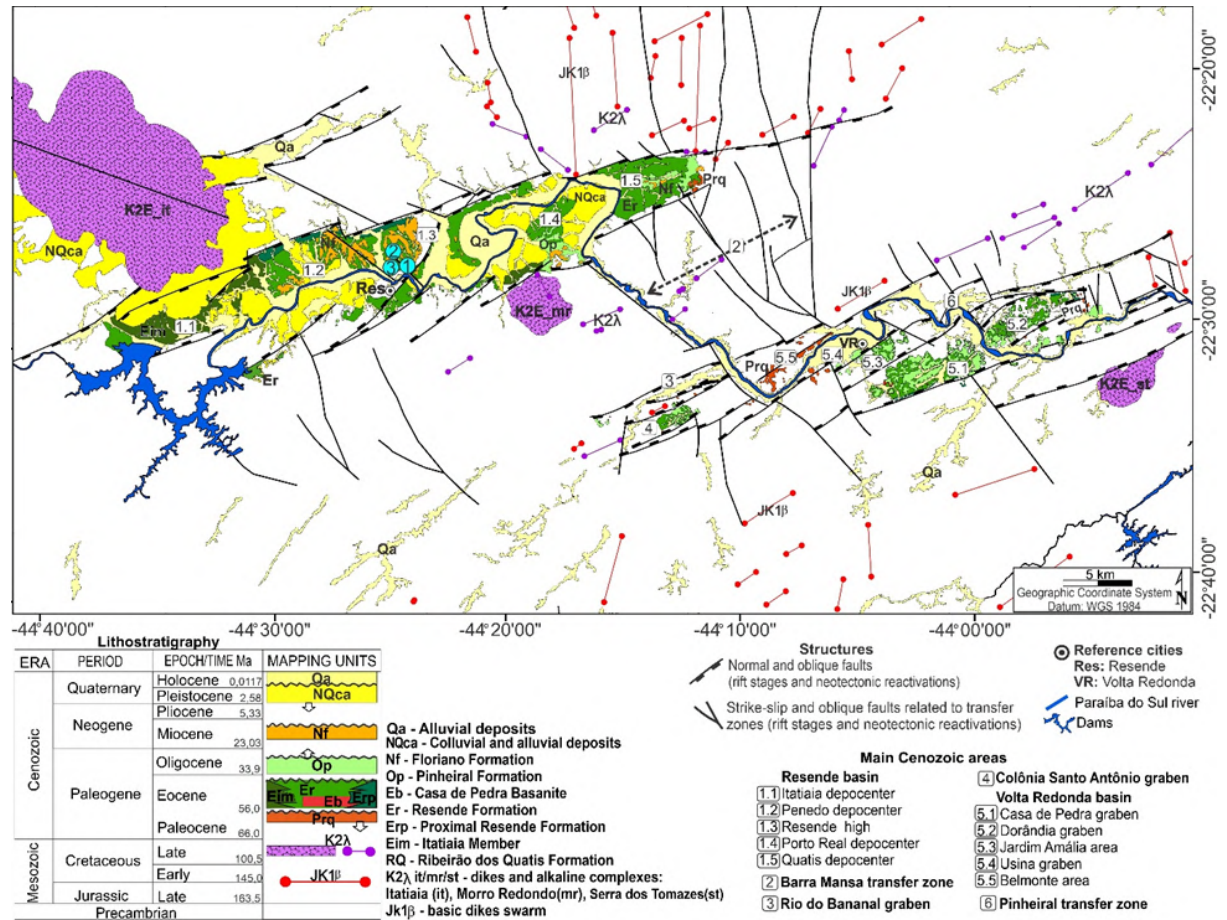


Figura 2: Mapa geológico e estratigrafia das bacias de Resende e Volta Redonda. Círculos azuis correspondem aos terraços fluviais analisados, pontos TQR 1, 2 e 3. Extraído e modificado de Negrão et al (2020).

A estratigrafia da Bacia de Resende reflete sua evolução em três estágios tectônicos principais, conforme estabelecido por Negrão et al. (2020). O estágio pré-rifte é representado por registros fluviais conglomeráticos e arenosos da Formação Ribeirão dos Quatis, depositados em calhas tectônicas precursoras. Durante a fase de rifte, desenvolveram-se hemigrábenes preenchidos por depósitos fluviais entrelaçados, leques aluviais e intercalações vulcânicas (estas últimas restritas à Bacia de Volta Redonda). Nesta fase, os depósitos da Formação Resende e os episódios vulcânicos caracterizam o preenchimento principal da fase rifte. A Formação Pinheiral, sobreposta a Formação Resende por uma discordância erosiva regional, corresponde a um segundo estágio do rifte, com menores taxas de

subsidência. Os registros desta unidade não apresentam leques de borda, e são caracterizados por depósitos fluviais entrelaçados caracterizados por barras de conglomerados e arcóseos estratificados, com espessos pacotes pelíticos relacionados a afogamentos do sistema por barramentos tectônicos. A fase pós-rifte é marcada pela deposição da Formação Floriano, caracterizada por depósitos, atribuídos ao Neógeno (Sedorko et al 2024), fluviais meandringes marcando uma transição para ambientes de menor energia.

Os registros quaternários incluem terraços fluviais pleistocênicos (conglomerados quartzosos) e depósitos aluviais e coluviais holocênicos. Os terraços, interpretados como produtos de planícies entrelaçadas sob clima semiárido (Moura & Mello, 1991), são sobrepostos por aluviões ativos (canais entrelaçados com estratificação cruzada) e colúvios (leques aluviais com clastos angulares), cuja distribuição é controlada por falhas NE-SW reativadas durante eventos neotectônicos (Negrão et al., 2020).

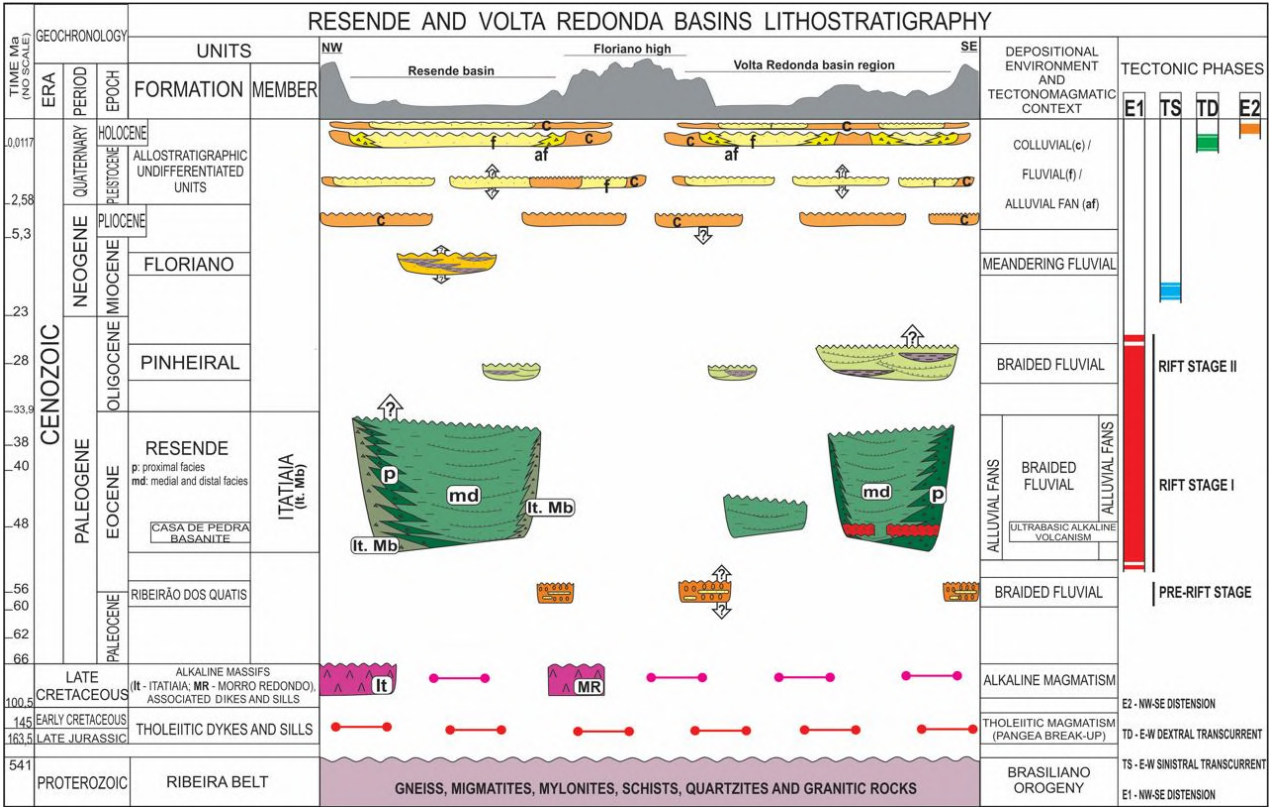


Figura 3: Diagrama litostratigráfico integrado das bacias de Resende e Volta Redonda, onde estão mapeadas e representadas as unidades e as fases tectônicas. Extraído de Negrão et al (2020).

No que diz respeito à geomorfologia, a Bacia de Resende está inserida na depressão interplanáltica do Rio Paraíba do Sul no domínio morfoclimático dos

Mares de Morros (IPT, 1983; Ab'Sáber, 1977) . É circundada pelas regiões do Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira e do Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina, onde as altitudes atingem valores acima de 600 m, o ponto mais elevado é o Pico das Agulhas Negras, com uma altitude de 2.791 m. A porção da área de estudo exibe um relevo mais suave, composto por colinas de altitudes aproximadamente em torno de 400 m, onde abrange os núcleos urbanos, bem como o traçado da Via Dutra. De modo geral, a bacia apresenta registros cenozóicos relativamente contínuos e baixas amplitudes topográficas, sendo as principais rupturas associadas às bordas da bacia.

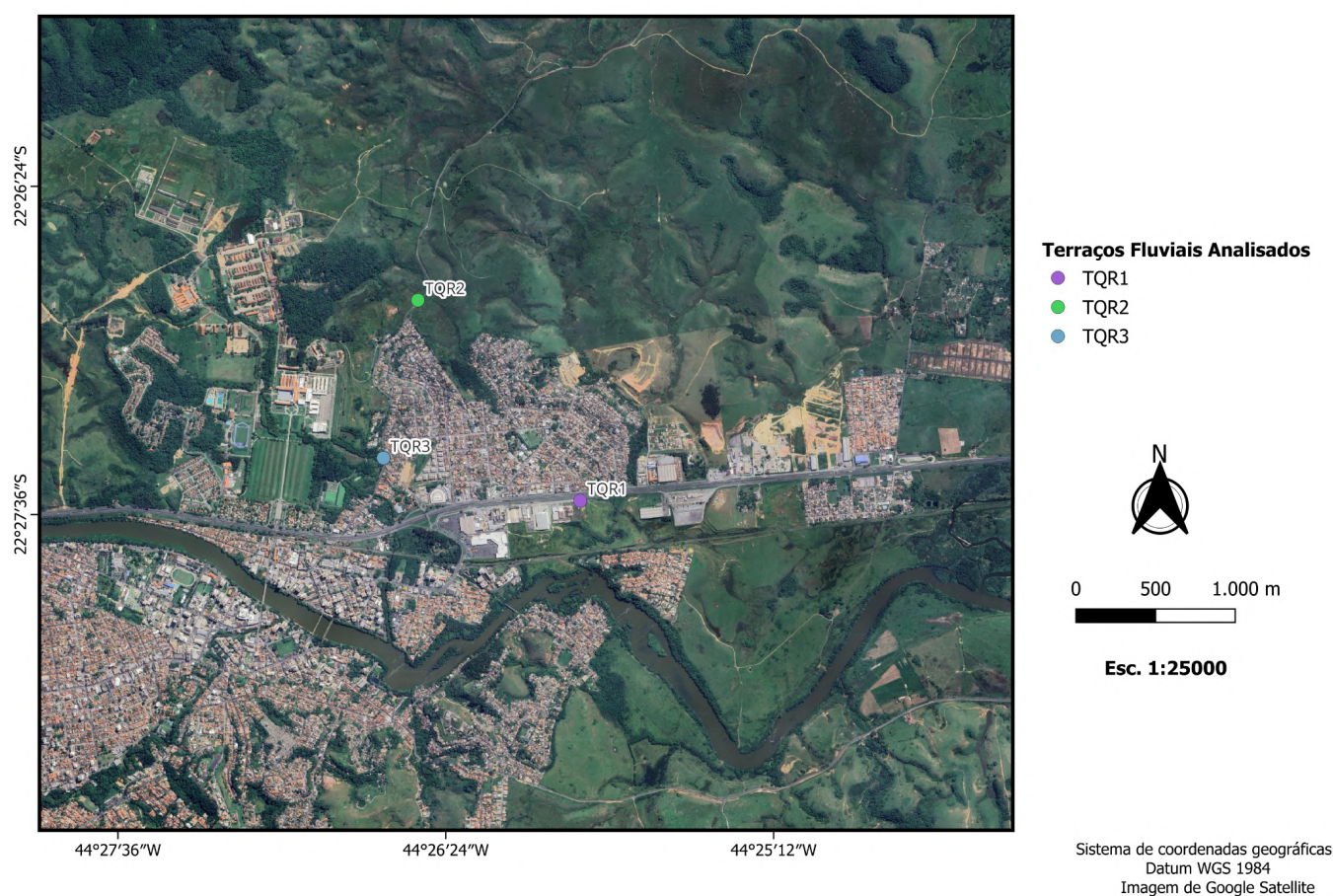


Figura 4: Localização dos terraços fluviais TQR-1, TQR-2 e TQR-3 em Resende (RJ), sobre imagem do Google Satellite (2025). Organização: Autora (2025).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar as condições paleoambientais dos registros sedimentares fluviais quaternários do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

2.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar os padrões de sedimentação;
- Estabelecer idades das unidades mapeadas a partir do método de datação por luminescência opticamente estimulada (LOE).
- Discutir as variações climáticas quaternárias com base nos registros sedimentares fluviais do Rio Paraíba do Sul.

3. JUSTIFICATIVA

Os estudos acerca dos registros sedimentares quaternários e dos seus paleoambientes deposicionais no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul ainda são muito pontuais, concentrando-se principalmente na região de Taubaté e Bananal (SP), e em seu delta (RJ). O trabalho pretende contribuir para o preenchimento desta lacuna de conhecimentos pouco explorados na literatura, que discorre sobre a sedimentação fluvial quaternária na bacia do referido rio, oferecendo conhecimentos que podem contribuir sobre o entendimento de sua evolução sedimentar e condições paleoambientais.

4. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

4.1 Levantamento bibliográfico e confecção de mapas

Nesta primeira etapa, foi realizada uma reunião, integração e organização de todas as informações que constituem métodos, técnicas e paradigmas do conhecimento da área de estudo. Assim, foram reunidos os principais trabalhos relacionados ao Quaternário no sudeste brasileiro em específico no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, com foco principalmente em aspectos sedimentológicos, estratigráficos, paleoambientais e paleoclimáticos. Os trabalhos consultados encontram-se relacionados nas referências bibliográficas desta pesquisa.

Além da revisão bibliográfica, foram coletados dados cartográficos e geológicos secundários. Os levantamentos foram previamente orientados pela

análise de mapas geológicos da área, à exemplo de Negrão et. al., (2020). Para a melhor visualização da área de estudo, foi produzido um mapa geológico na escala 1:50.000, o mapa (Figura 10) mostra os principais litotipos da região e a localização dos três terraços analisados (TQR1, TQR2 e TQR3), permitindo compreender a posição dos terraços fluviais em relação às unidades sedimentares, ao embasamento cristalino e à rede de drenagem atual. A integração entre relevo, substrato geológico e distribuição dos depósitos quaternários foi fundamental para a interpretação paleoambiental e para o direcionamento das amostragens para datação.

Após a revisão bibliográfica e análise prévia de mapas geológicos da área, foi elaborado um Modelo Digital de Superfície (MDS) da região da Bacia de Resende, utilizando dados do Copernicus 30 no software QGIS. O MDS foi essencial para visualizar a topografia da área de estudo e identificar as características geomorfológicas associadas aos depósitos sedimentares quaternários. Os dados do Copernicus 30, com resolução de 30 metros, foram obtidos a partir da plataforma oficial do programa Copernicus. Esses dados foram importados para o QGIS, onde foram reprojatados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 / UTM zone 23S, adequado para a região de estudo. Após a importação, o MDS foi processado para corrigir eventuais falhas e recortado para a área de interesse correspondente à Bacia de Resende. A visualização do MDS foi realizada tanto em 2D quanto em 3D, utilizando o plugin Qgis2threejs, o que permitiu uma análise detalhada da topografia, incluindo vales, encostas e áreas planas (Figura 17).

O produto final gerado a partir da integração dos dados topográficos e geológicos consiste em um material cartográfico composto por duas representações complementares: um mapa hipsométrico em escala de 1:50.000 e um modelo digital tridimensional (3D) da região da Bacia de Resende (RJ). As altitudes são representadas por um gradiente de cores que varia do verde (menores altitudes, em torno de 300 m) ao cinza escuro (altitudes elevadas, próximas a 2.700 m), permitindo identificar claramente os compartimentos do relevo regional. Os terraços fluviais estudados (TQR1, TQR2 e TQR3) estão plotados com marcadores de cores distintas, evidenciando sua posição relativa nas superfícies elevadas em relação ao canal atual do Rio Paraíba do Sul.

Durante todo esse processo foi feita a escolha de afloramentos topograficamente posicionados acima do nível atual de um canal fluvial ativo, o que

já indica, do ponto de vista geomorfológico, um possível terraço fluvial. Além disso, a marcação dos afloramentos TQR1, TQR2 e TQR3 nos mapas permitiu uma análise espacial mais precisa, facilitando a localização e o estudo desses pontos de interesse.

4.2 Levantamentos de campo: Descrição de afloramentos e coleta de amostras para datação.

As atividades de campo foram realizadas ao longo do primeiro semestre de 2024, com o objetivo de reconhecer, descrever e registrar os principais afloramentos de depósitos quaternários do médio vale do rio Paraíba do Sul, no município de Resende (RJ). Os trabalhos incluíram a identificação de feições sedimentares, a descrição detalhada de litofácies e a coleta de amostras para posterior análise em laboratório. Foram selecionados três afloramentos principais — identificados como TQR-1, TQR-2 e TQR-3 — localizados em diferentes patamares altimétricos e contextos geomorfológicos. Cada afloramento foi fotografado, descrito em caderno de campo seguindo os protocolos sedimentológicos clássicos para descrição de afloramentos (Miall, 1996), incluindo observação sistemática de textura, granulometria, forma e composição dos clastos, tipo de matriz, estruturas sedimentares, variações laterais e verticais, coloração e grau de intemperismo.

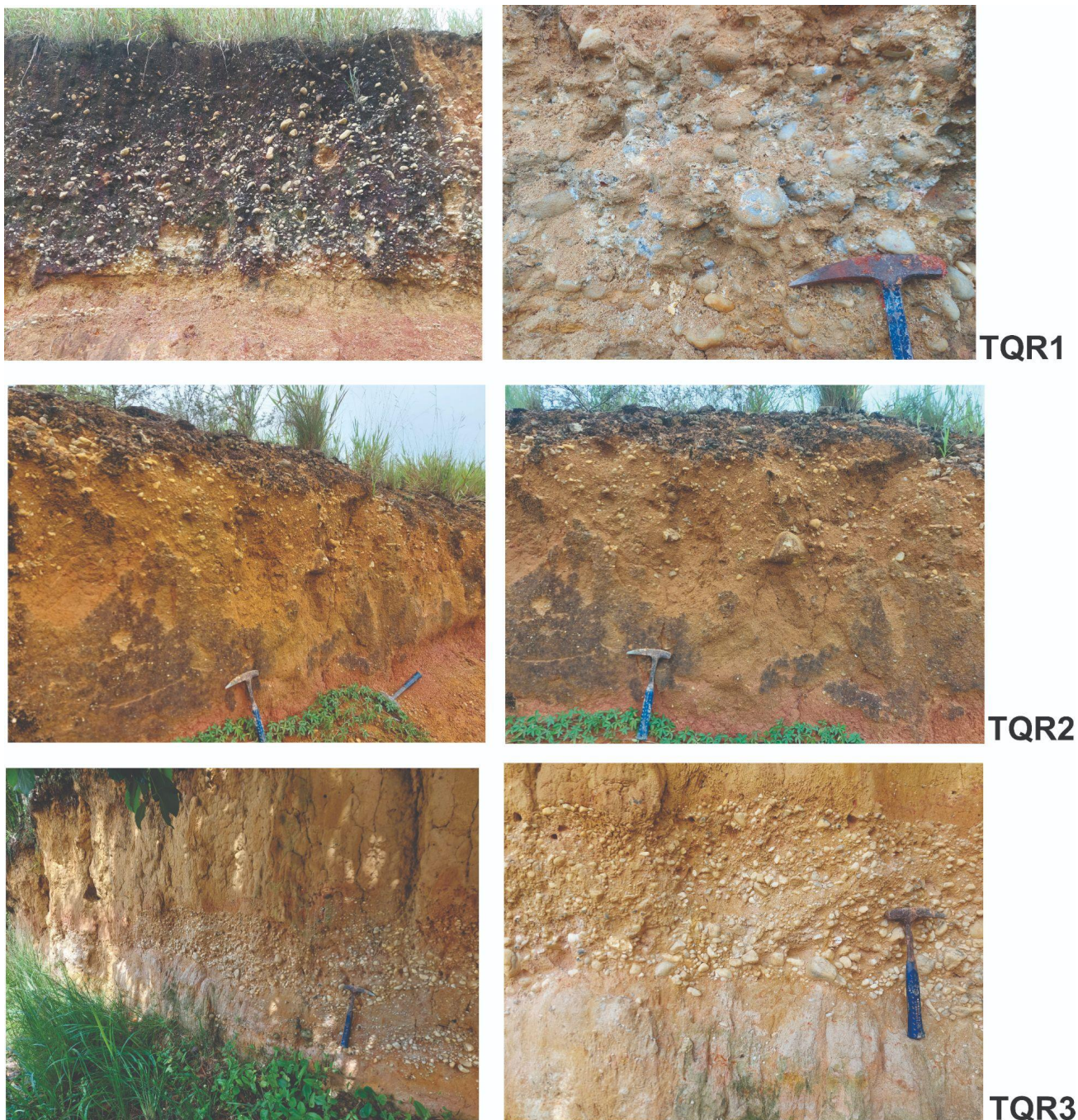


Figura 5: Fotografias de campo dos afloramentos representativos dos terraços fluviais analisados: TQR1 (topo), TQR2 (meio) e TQR3 (base), evidenciando variações texturais, pedogênese e estrutura dos depósitos sedimentares quaternários. Organização: Autora (2025).

Foram coletadas amostras para datação por luminescência opticamente estimulada (LOE) utilizando tubos de alumínio, martelo geológico, marreta e lonas pretas de cobertura, com atenção à ausência de exposição à luz, registro altimétrico e embalagem adequada do material. As coletas foram direcionadas a horizontes não

perturbados, preferencialmente em porções protegidas do afloramento, e posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Geocronologia por Luminescência (LEGAL/IGc-USP).



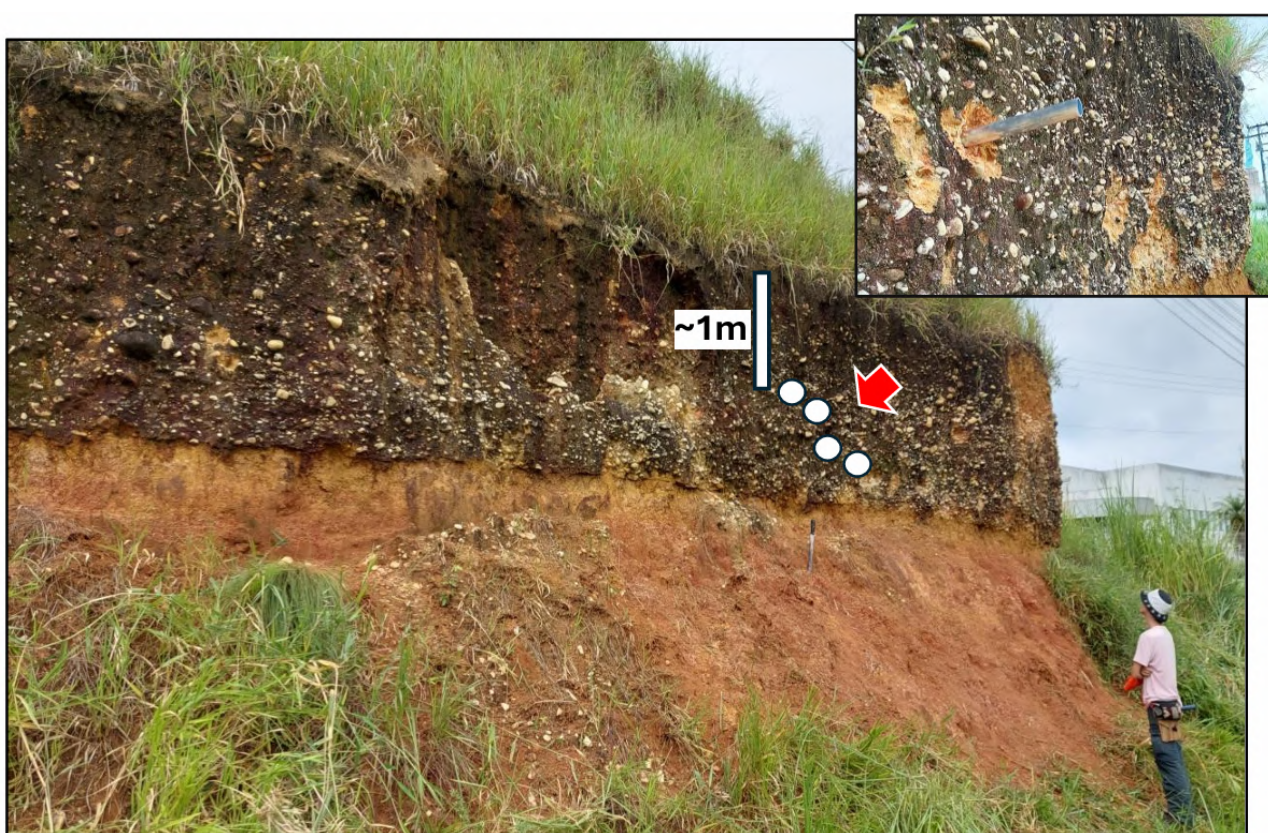
Figura 6: Coleta de amostras para datação por luminescência opticamente estimulada (LOE). À esquerda, inserção do tubo de alumínio com auxílio de marreta no afloramento TQR1. À direita, tubo após extração, com vedação cuidadosa nas extremidades com lona preta e fita isolante, garantindo o isolamento da amostra até seu envio ao laboratório.

Inicialmente, tentou-se a extração das amostras com canos de PVC, no entanto, a técnica mostrou-se ineficaz devido à elevada concentração de cascalhos nos depósitos, que dificultava a penetração e comprometia a integridade do cano. Diante disso, optou-se pelo uso de tubos cilíndricos de alumínio, com cerca de 50 cm de comprimento, que se mostraram mais eficientes na perfuração e contenção dos sedimentos conglomeráticos. Os tubos foram inseridos horizontalmente nos estratos-alvo com o auxílio de uma marreta, garantindo a coleta de material representativo e minimamente perturbado. Após a inserção, as extremidades dos

tubos foram cuidadosamente vedadas com lona preta e fita isolante, assegurando a proteção contra a exposição à luz solar até a chegada ao laboratório.

Foram coletadas ao todo sete amostras para datação por LOE, distribuídas entre os três afloramentos estudados. No afloramento TQR-1 foram coletadas quatro amostras (TQR1-A, B, C e D), inseridas a cerca de 1 metro da base do afloramento, distribuídas horizontalmente na face exposta. No afloramento TQR-2 foi realizada a coleta de uma amostra (TQR-2A), inserida a aproximadamente 45 cm do topo do depósito. Por fim, no afloramento TQR-3 foram coletadas duas amostras (TQR-3A e B), dispostas horizontalmente no pacote conglomerático inferior, a cerca de 50 cm de profundidade a partir da face externa. As amostras foram rotuladas no campo e acondicionadas conforme as normas técnicas do Laboratório de Geocronologia por Luminescência (LEGAL/IGc-USP).

Figura 7: Ponto de coleta TQR-1-A,B,C e D. Seta indica localização aproximada das amostragens. Tubos foram inseridos a aproximadamente 50 cm.



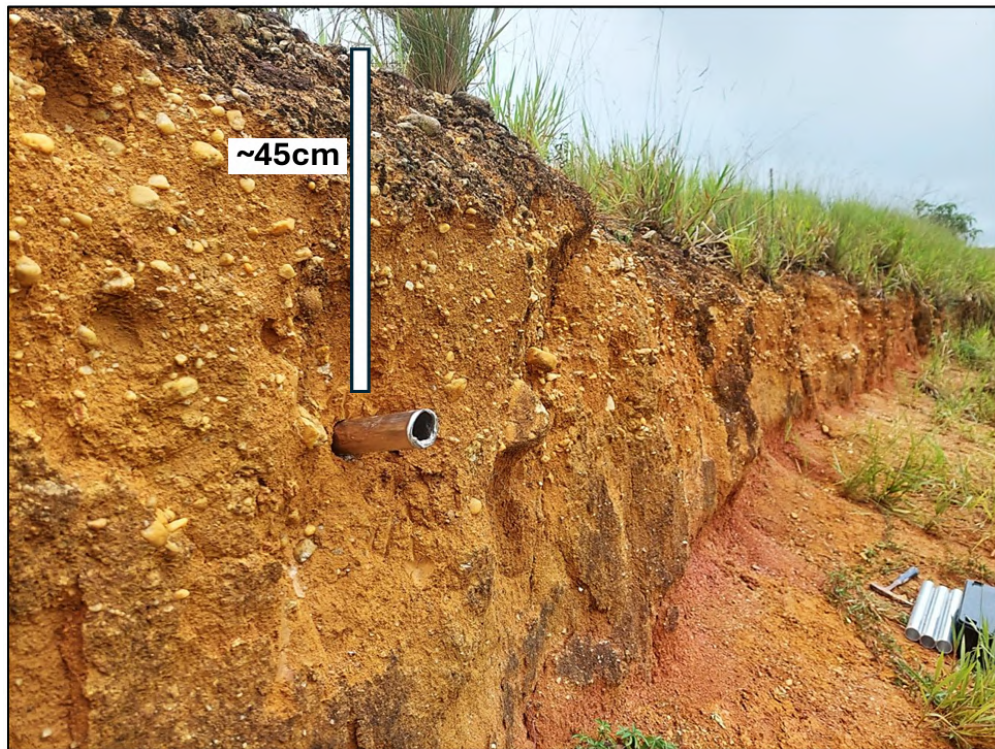


Figura 8: Ponto de coleta TQR-2. Tubos foram inseridos a aproximadamente 50 cm.

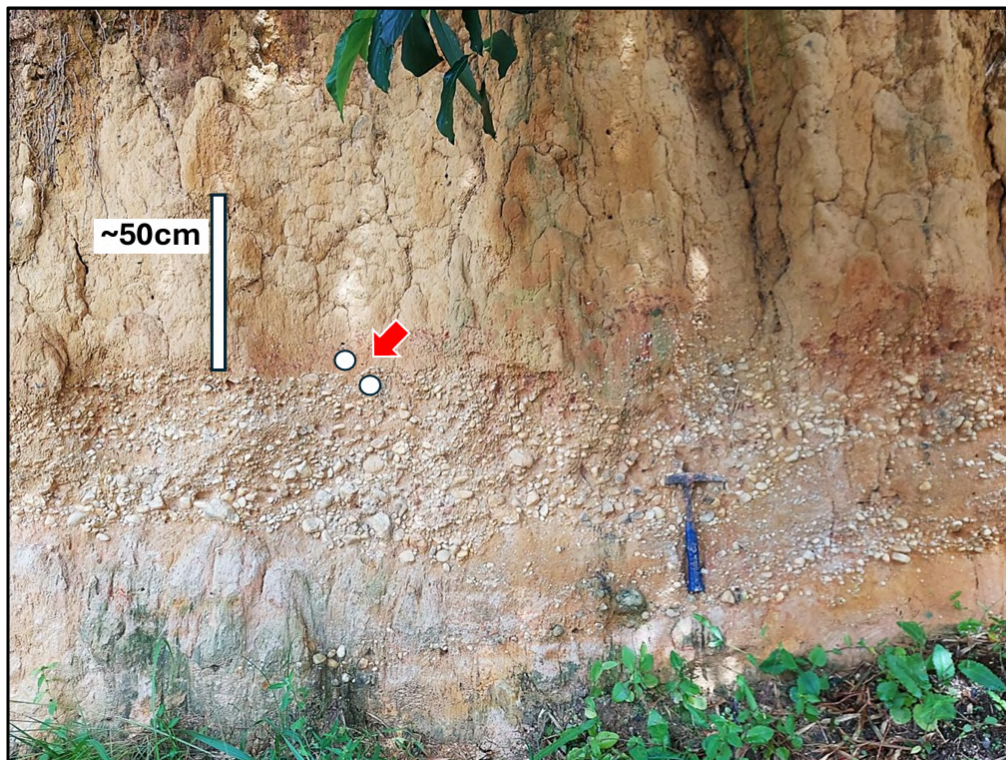


Figura 9: Ponto de coleta TQR-3-A e B. Seta indica localização aproximada das amostragens. Tubos foram inseridos a aproximadamente 50 cm.

Por se tratar da primeira coleta realizada, optou-se por não encaminhar ao laboratório a amostra TQR-1A, coletada no afloramento TQR-1. A decisão foi tomada por precaução metodológica, uma vez que, na ocasião, ainda estávamos em processo de adequação das técnicas de amostragem, e não foi possível garantir com total segurança que a amostra foi coletada e vedada conforme os protocolos exigidos para análise por LOE. Assim, visando evitar resultados comprometidos ou não confiáveis, optamos por não submetê-la à análise, priorizando o envio apenas das amostras cuja coleta seguiu rigorosamente os procedimentos técnicos estabelecidos pelo laboratório.

4.3 Caracterização dos depósitos sedimentares.

A caracterização dos depósitos sedimentares dos afloramentos TQR-1, TQR-2 e TQR-3 foi realizada por meio de levantamentos de campo detalhados, os trabalhos de campo, desenvolvidos durante o primeiro semestre de 2024, incluíram a descrição sistemática dos afloramentos com foco na identificação de litofácies, contatos estratigráficos, variações texturais e evidências de processos pós-deposicionais, como intemperismo e pedogênese. As descrições foram conduzidas diretamente nos perfis de corte natural expostos em taludes de estradas, onde os depósitos conglomeráticos pleistocênicos afloram com boa visibilidade. Em cada afloramento, foram anotadas informações sobre espessura, coloração, granulação, seleção, arredondamento dos clastos, tipo de matriz, presença de estruturas sedimentares internas e nível de pedogênese, a identificação dos contatos erosivos ou concordantes entre as camadas também foi detalhada, permitindo a delimitação das unidades deposicionais e suas relações verticais.

Após a descrição dos afloramentos em campo, foi realizada a digitalização e a elaboração de fotomosaicos e de perfis estratigráficos utilizando o software CorelDRAW. Essas etapas foram essenciais para documentar e analisar visualmente as características sedimentares e estratigráficas dos afloramentos estudados. O fotomosaico foi criado a partir de fotografias de alta resolução tiradas em campo, montadas e ajustadas no CorelDRAW para formar uma imagem contínua do afloramento. Esse recurso permitiu uma visão geral da exposição, destacando as principais feições sedimentares e as relações entre as camadas, sendo fundamental para orientar a interpretação faciológica. O perfil estratigráfico vetorial foi elaborado

com base nas observações de campo e nas imagens do fotomosaico, representando graficamente a disposição das camadas, variações texturais, estruturas internas e horizontes pedogenizados. Essa representação sistemática foi crucial para comparar os diferentes afloramentos e interpretar a evolução morfossedimentar dos terraços fluviais estudados. A integração entre os dados de campo, os registros fotográficos e os desenhos vetoriais possibilitou uma caracterização sedimentológica acurada, subsidiando a discussão dos processos deposicionais, do contexto paleoambiental e da dinâmica quaternária da planície aluvial do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

4.4 Datação por por Luminescência Opticamente Estimulada

A datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) é um método para datação dos depósitos sedimentares que utiliza propriedades físicas de materiais cristalinos ou vítreos submetidos previamente a radiações ionizantes (como raios cósmicos e isótopos radioativos) para emitir luz em resposta a estímulos externos (SALLUN e SUGUIO, 2006, SALLUN et al., 2007). De maneira simplificada o método irá datar o tempo decorrido entre o presente e o último instante que um determinado sedimento foi exposto à luz solar. Esse estímulo óptico faz com que a intensidade da energia de luminescência liberada seja proporcional ao tempo em que o sedimento esteve exposto à ação da radiação ionizante (Rhodes, 2011).

Essa técnica de datação se revelam especialmente eficazes na datação de terraços fluviais, já que a LOE demanda apenas grãos de quartzo ou feldspato previamente expostos à luz solar antes de sua deposição, tornando-se adequados para ambientes fluviais em que temos esses materiais em abundância. No âmbito das pesquisas geomorfológicas, as técnicas de datação de depósitos por luminescência através de feldspato permanecem subutilizadas no contexto brasileiro. Essa subutilização motiva a relevância da presente pesquisa, uma vez que o feldspato consegue atingir idades mais antigas, chegando ao pleistoceno médio.

As amostras coletadas em campo foram encaminhadas ao Laboratório de Espectrometria Gama e Luminescência (LEGAL), do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), onde foram preparadas e analisadas segundo protocolos consagrados para datação por LOE. A preparação inicial envolveu peneiramento úmido para separação granulométrica entre 180–250 µm

(quartzo) e entre 63–250 μm (feldspato). Em seguida, os sedimentos foram submetidos a tratamentos químicos com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para remoção de matéria orgânica e ácido clorídrico (HCl 10%) para eliminação de carbonatos. A separação mineralógica foi feita com solução de metatungstato de lítio (LMT), utilizando densidade de 2,62 g/cm³ para isolar quartzo e 2,58 g/cm³ para feldspatos. O quartzo foi ainda atacado com ácido fluorídrico (HF 38%) por 40 minutos para remoção da borda externa dos grãos, minimizando contaminações por feldspatos residuais e eliminando a contribuição de partículas alfa.

Para o quartzo, foi utilizado o protocolo SAR (Single-Aliquot Regenerative Dose), conforme descrito por Murray & Wintle (2000), e apenas aliquotas sem sinal IRSL detectável (indicando ausência de contaminação por feldspato) foram consideradas válidas. O sinal OSL foi obtido integrando os primeiros 0,4 s da curva de decaimento, com subtração do segundo subsequente como fundo (Cunningham & Wallinga, 2010). Já para os feldspatos potássicos, foi empregado o protocolo post-IRSL IR 290, obtendo o sinal de IRSL a 50 °C (IR50), que fornece uma idade mínima sujeita ao fenômeno de fading anômalo, e pIRIR290 (protocolo de estimulação a 290 °C após pré-estímulo a 50 °C), que busca mitigar o fading e fornece estimativas de idade máxima (Buylaert et al., 2012).

	OSL (Murray & Wintle, 2000)	pIRIR _{50,290} (Buylaert <i>et al.</i> , 2012)
1	Dose (D_i)	Dose (D_i)
2	Preheat at 220° C for 10s	Preheat at 320° C for 60s
3	OSL at 125° C for 40s (L_i)	IRSL at 50° C for 200s (L_{i50})
4	Test dose (D_i)	IRSL at 290° C for 200s (L_{i290})
5	Preheat at 160° C	Test Dose (D_i)
6	OSL at 125° C for 40s (T_i)	Preheat at 320° C for 60s
7	Blue bleach at 280° C for 40s	IRSL at 50° C for 200s (T_{i50})
8		IRSL at 290° C for 200s (T_{i290})
9		IR bleach at 325° C for 200s
D_i : D_N = Natural dose, $D_1 < D_2 < D_3 < D_4$; $D_5 = 0$ Gy, $D_6 = D_1$; $D_7 = D_6$ (with IR stimulation before OSL in quartz protocol).		

Tabela 1: Protocolos de dose regenerativa de alíquota única usados para determinação de doses equivalentes em quartzo (OSL) e feldspato potássico (pIRIR_{50,290}).

As medições foram conduzidas em dois sistemas: Lexsyg Smart TL/OSL (Freiberg Instruments) com fonte beta de Sr90/Y90 (0,11 Gy/s) e Risø DA-22 (DTU)

com taxa de dose de 0,10 Gy/s (modo disco) e 0,09 Gy/s (modo copo). LEDs azuis foram usados para excitação do quartzo (com filtro U340 para detecção na banda UV), e LEDs infravermelhos para feldspato (com filtros BG39 e BG3 para detecção na banda azul). As curvas dose-resposta foram ajustadas por função exponencial saturante, e as doses equivalentes (D_e) calculadas com base na média aritmética com erro padrão e no Modelo de Idade Central (CAM) proposto por Galbraith et al. (1999). Foram consideradas apenas aliquotas com índice de reciclagem entre 0,9 e 1,1 e recuperação inferior a 5%.

A taxa de dose anual foi determinada a partir das concentrações de U, Th e K obtidas por espectrometria gama de alta resolução, utilizando detector HPGe (High-Purity Germanium) com eficiência de 55% e resolução de 1,8 keV a 1332 keV. A conversão para taxa de dose seguiu os fatores de Guérin et al. (2011). A contribuição da radiação cósmica foi calculada conforme o modelo de Prescott & Hutton (1994), considerando latitude, longitude, altitude e profundidade da amostra.

5. RESULTADOS

Afloramento TQR1

O afloramento TQR-1 localiza-se às margens da Rodovia Presidente Dutra, nas imediações da unidade da Havan Resende-Dutra (Coordenadas UTM: 23K 558459 / 7516239), em uma altitude de aproximadamente 400 metros, exhibe cerca de 2 metros de espessura sedimentar visível. A exposição revela um pacote espesso de ortoconglomerados oligomíticos, assentado em discordância erosiva sobre a Formação Resende (Figura 10), conforme evidenciado pela transição irregular entre os depósitos conglomeráticos e os sedimentos finos da unidade subjacente.

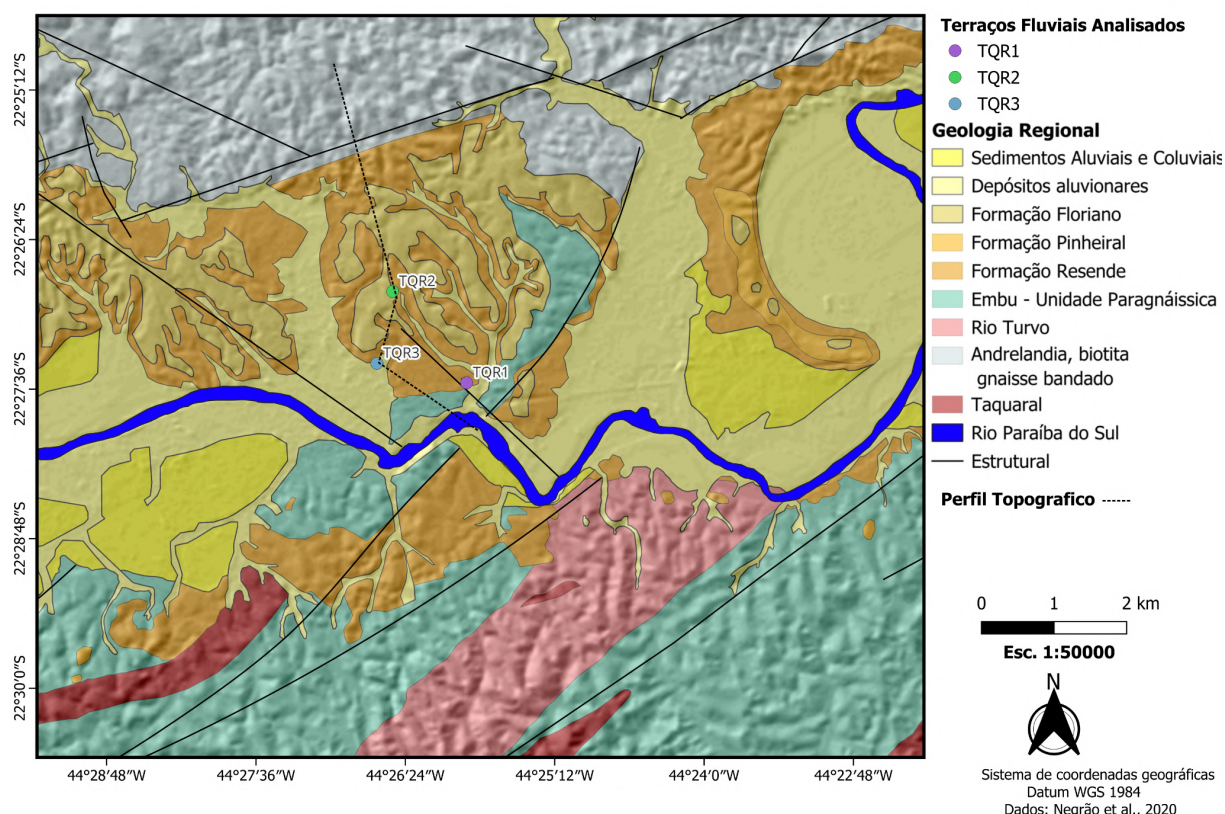


Figura 10: Mapa geológico regional na escala 1:50.000 da área de estudo, localizada no médio curso do rio Paraíba do Sul, município de Resende (RJ), com destaque para a posição dos afloramentos TQR-1, TQR-2 e TQR-3. Organização: Autora (2025).

O pacote sedimentar é constituído por clastos predominantemente quartzosos, com presença subordinada de feldspatos, todos com moderado a elevado grau de esfericidade e arredondamento, indicando transporte fluvial eficaz e retrabalhamento intenso (Figura 11). A granulação é variada, indo de grânulos a seixos grossos. A matriz é arenosa, de composição arcósea ou arcoseana., e exhibe granulodecrescência vertical (Figura 12) — passando de areia muito grossa e cascalho na base para areia grossa no topo — o que indica redução progressiva da energia do meio transportador ao longo do tempo.



Figura 11: Fotomosaico do TQR1. Organização: Autora (2025).

A porção basal da unidade, visivelmente mais empacotada e rica em clastos maiores, representa fases de maior energia fluvial, enquanto o topo mais fino pode estar associado ao abandono progressivo ou migração lateral do canal. A estrutura interna é maciça, sem estratificações primárias evidentes; entretanto, foram observadas disposições angulares de clastos, especialmente na zona média do afloramento, que podem estar associadas a estruturas de liquefação ou reorganização por eventos de rápida sedimentação. A coloração variegada, com tons que variam entre o amarelado, o avermelhado e o acinzentado, é resultado de variações no grau de intemperismo e da presença de óxidos de ferro. Na porção superior do perfil observa-se o início de processo pedogenético, com desenvolvimento de horizontes mais escurecidos e alteração textural, marcando uma fase de exposição subaérea prolongada. Essa característica é compatível com a estabilidade geomorfológica de um terraço fluvial pleistocênico, cuja superfície foi submetida à pedogênese após abandono da dinâmica fluvial ativa.

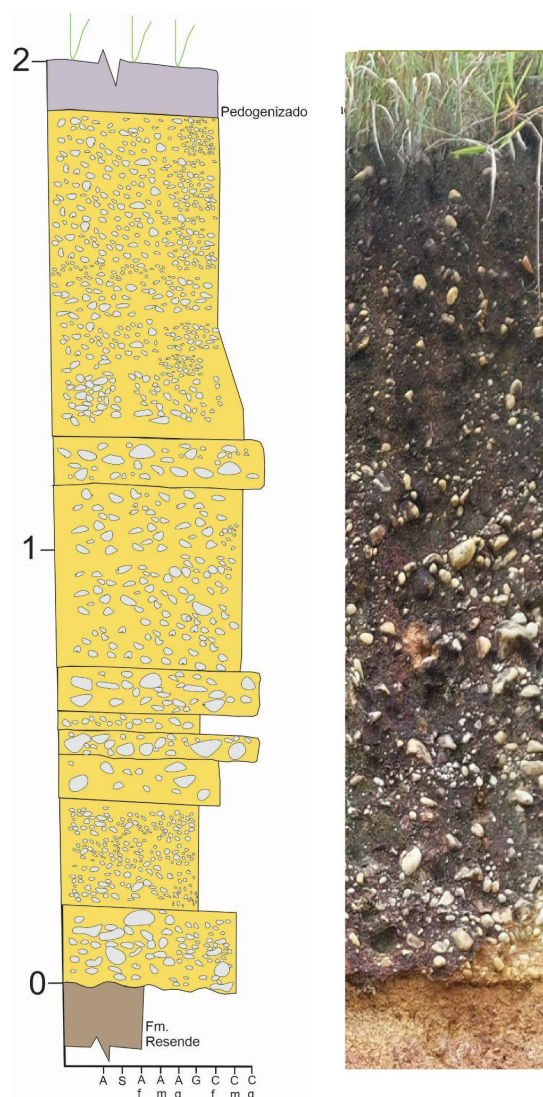


Figura 12: Perfil estatigráfico do TQR1. Organização: Autora (2025).

As amostras coletadas neste afloramento apresentaram sinais naturais de luminescência opticamente estimulada (OSL) em quartzo saturado, o que impossibilita a determinação de idades absolutas precisas por essa técnica. Os valores obtidos, portanto, correspondem a idades mínimas de deposição. Para contornar essa limitação, foram aplicadas técnicas complementares de luminescência em feldspato potássico, utilizando os protocolos pIRIR290 (post-infrared infrared stimulated luminescence a 290 °C) e IRSL a 50 °C (IR50), que possibilitaram estimativas de idade máxima e mínima, respectivamente (Tabela 2,3 e 4). Três amostras foram datadas: TQR-1B, TQR-1C e TQR-1D. As idades mínimas estimadas com base no quartzo OSL variaram entre 59300 ± 5270 (TQR-1D) e

164669 $\pm$ 18415 (TQR-1C). As idades obtidas por feldspato pIRIR290 situam-se entre 230773 $\pm$ 16786 (TQR-1B) e 515323 $\pm$ 31957 (TQR-1C). Já as idades mínimas derivadas da técnica IR50 variaram de 136614 $\pm$ 12327 anos a 292074 $\pm$ 51893, embora as idades devam ser vistas com cautela em função da saturação dos sinais mesmo em feldspato.

Quartz OSL ages

Sample code	LEGaL code	n	Equivalent dose MA ^a (Gy)	Age MA ^a (years)	Recycling Ratio (average)
TQR-1B	L2276	3	230.07 $\pm$ 12.42	72263 $\pm$ 6727	1.05 $\pm$ 0.04
TQR-1C	L2277	3	227.07 $\pm$ 19.45	164669 $\pm$ 18415	0.96 $\pm$ 0.08
TQR-1D	L2278	3	162.93 $\pm$ 7.32	59300 $\pm$ 5270	0.99 $\pm$ 0.03

Tabela 2: Dados de dose equivalente e idades mínimas calculadas usando OSL de quartzo. (n - Número de alíquotas usadas no cálculo da dose equivalente, MA - Média aritmética (erro padrão), ^a Dose equivalente calculada.)

Potassium feldspar pIRIR₂₉₀ ages

Sample code	LEGaL code	n	Equivalent dose MA (Gy)	Age MA (years)	Equivalent dose CAM (Gy)	OD (%)	Age CAM (years)	Recycling Ratio (average)
TQR-1B	L2276	3	833.3 ± 22.8 ^a	230773 ± 16786 ^a	-	-	-	1.01 ± 0.02
TQR-1C	L2277	3	930.7 ± 21.9 ^a	515323 ± 31957 ^a	-	-	-	0.98 ± 0.02
TQR-1D	L2278	3	867.3 ± 19.3 ^a	273193 ± 19298 ^a	-	-	-	0.99 ± 0.02
TQR-2A*	L2279	4	494.1 ± 105.2	155703 ± 34239	456.3 ± 93.4	40.7	143792 ± 30477	0.96 ± 0.02
		4	796.5 ± 23.6 ^a	250997 ± 15681 ^a	-	-	-	
TQR-3A	L2280	10	524.7 ± 60.8	162051 ± 21328	489.7 ± 58.9	37.8	151241 ± 20494	1.00 ± 0.01
TQR-3B	L2281	7	564.3 ± 51.0	177530 ± 19446	549.6 ± 44.7	20.9	172905 ± 17671	0.99 ± 0.01

Tabela 3: Dados de dose equivalente e idades calculadas usando o feldspato de potássio pIRIR₂₉₀. (n - Número de alíquotas usadas no cálculo da dose equivalente, MA - Média aritmética (erro padrão), CAM - Modelo de idade central, OD - Superdispersão, ^a Dose equivalente calculada.)

Potassium feldspar IR₅₀ ages

Sample code	LEGaL code	n	Equivalent dose MA (Gy)	Age MA (years)	Equivalent dose CAM (Gy)	OD (%)	Age CAM (years)	Recycling Ratio (average)
TQR-1B	L2276	3	493.3 ± 29.6	136614 ± 12327	479.6 ± 25.1	5.6	132820 ± 11333	1.02 ± 0.03
TQR-1C	L2277	3	527.5 ± 88.7	292074 ± 51893	511.0 ± 71.4	23.3	282938 ± 42737	1.04 ± 0.03
TQR-1D	L2278	3	546.3 ± 13.7	172081 ± 12317	548.2 ± 16.5	0	172679 ± 12690	1.02 ± 0.02
TQR-2A	L2279	8	262.3 ± 42.7	82657 ± 14203	230.5 ± 45.0	54.9	72636 ± 14636	1.04 ± 0.02
TQR-3A	L2280	10	238.7 ± 24.9	73721 ± 8962	226.2 ± 23.8	33	69861 ± 8546	1.01 ± 0.01
TQR-3B	L2281	7	192.3 ± 12.8	60498 ± 5499	189.8 ± 11.2	15.3	59711 ± 5106	1.00 ± 0.01

Tabela 4: Dados de dose equivalente e idades calculadas usando feldspato de potássio IR₅₀. (n - Número de alíquotas usadas no cálculo da dose equivalente, MA - Média aritmética (erro padrão), CAM - Modelo de idade central, OD - Superdispersão, ^a Dose equivalente calculada.)

Afloramento TQR2

O afloramento TQR-2 está situado em um corte de estrada à margem da estrada da Pedra Selada, próximo à placa de entrada do município de Resende, RJ (Coordenadas UTM: 23K 557433 / 7517588), a aproximadamente 440 metros de altitude. A exposição possui cerca de 1 metro de espessura visível e corresponde a um depósito quaternário destacado topograficamente acima do canal atual do Rio Paraíba do Sul, sendo interpretado como um terraço fluvial pleistocênico.

A unidade é composta por ortoconglomerados com matriz areno-argilosa maciça, de coloração avermelhada a rósea, com tendência a tons mais escuros na porção superior (Figura 13). O arcabouço clástico é predominantemente quartzoso, com clastos subarredondados a bem arredondados, de granulometria variando entre grânulos e seixos médios (até 3 cm), distribuídos de forma desorganizada ao longo da matriz. A seleção é baixa, e a ausência de orientação preferencial ou estratificação interna indica processos deposicionais episódicos, associados a fluxos de canal efêmero de alta energia, possivelmente intermitentes. No contato inferior, observa-se uma superfície erosiva marcada pela transição abrupta para os sedimentos mais consolidados e homogêneos da Formação Floriano, sugerindo um hiato deposicional expressivo entre os dois pacotes sedimentares. Em algumas partes do afloramento, especialmente no terço médio e inferior, ocorrem concentrações locais de clastos maiores, sugerindo eventos de maior energia ou menor disponibilidade de matriz durante episódios deposicionais.

Destacam-se, ainda, evidências de pedogênese moderada, como a coloração mais escura e manchada da porção superior do perfil, a presença de feições de bioturbação (possivelmente antigas galerias de raízes ou insetos) e manchas de óxidos de ferro e manganês, que indicam variações nas condições redox ao longo do tempo. Essas feições revelam que o depósito permaneceu subaéreo e relativamente estável por um intervalo suficientemente longo para o início de processos de formação de solo.

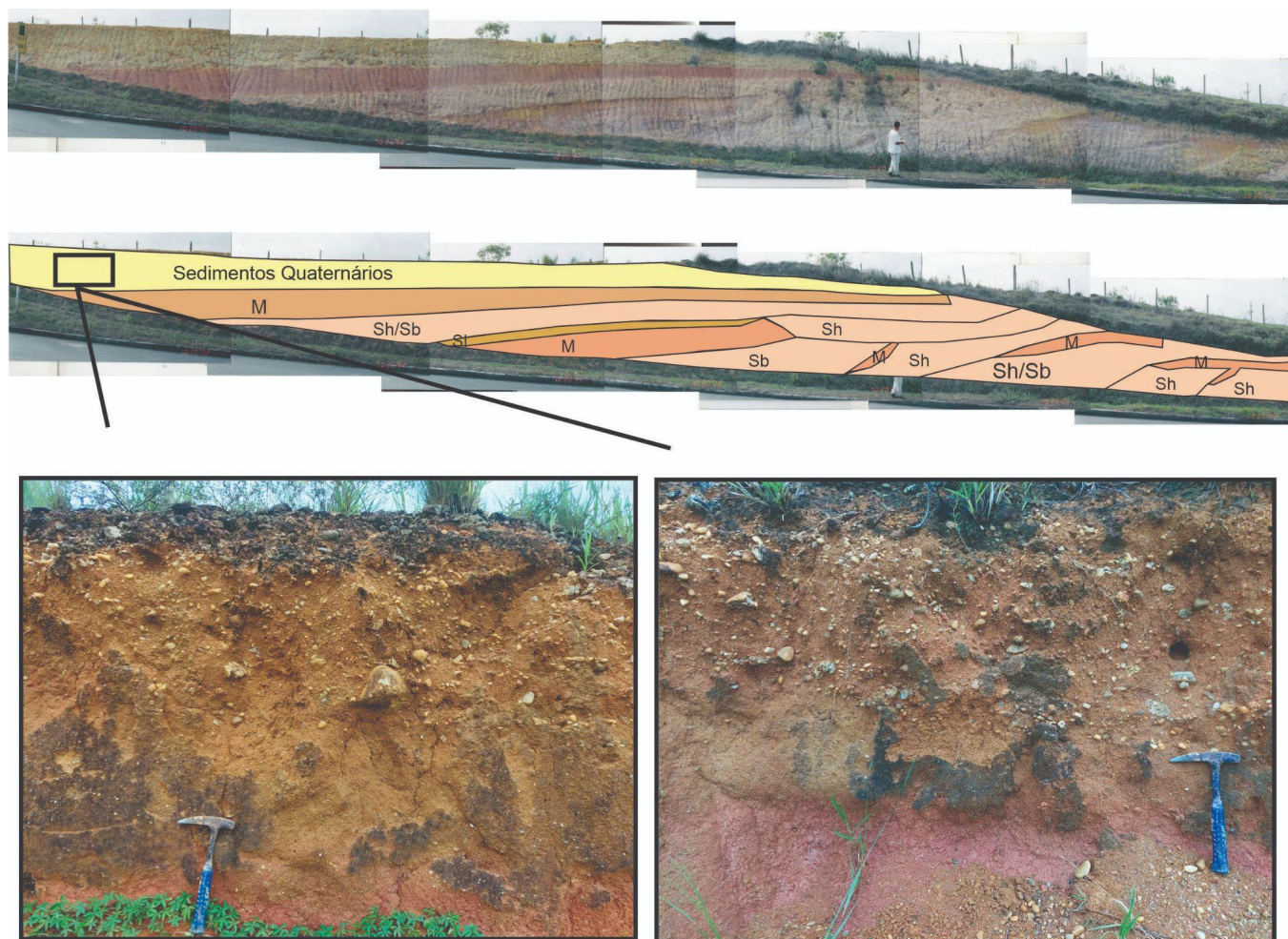


Figura 13: Registro estratigráfico e fotográfico do afloramento TQR-2, localizado à margem da estrada da Pedra Selada (Resende-RJ). O painel superior apresenta um fotomosaico da exposição e seu respectivo perfil interpretativo, onde são indicadas as unidades sedimentares: Argila (M), Arenito laminado (SI), Arenito com estratificação horizontal (Sh) e Arenito bioturbado (Sb), pertencentes a Formação Floriano. A porção inferior da figura mostra fotos de campo do perfil sedimentar na área de coleta da amostra TQR-2A, evidenciando a matriz areno-argilosa avermelhada, a presença de clastos mal selecionados e as feições de pedogênese na camada superficial. Adaptado de: Sedorko et al 2024. Organização: Autora (2025).

As amostras sedimentares coletadas no local permitiram a aplicação da técnica de luminescência opticamente estimulada (LOE), cujos resultados indicam uma idade máxima de deposição de 250.997 ± 15.681 anos (feldspato pIRIR290), com parte das amostras não saturadas, o que confere maior robustez à leitura cronológica. Esses dados posicionam o terraço dentro do Pleistoceno Médio a Superior, evidenciando sua formação em um contexto paleoclimático possivelmente mais árido, em consonância com registros regionais de fases de retração fluvial e sedimentação flúvio-coluvial.

Afloramento TQR3

O afloramento TQR-3 localiza-se no município de Resende (RJ), na Rua Domingos Storino, próximo a um ponto de ônibus (Coordenadas UTM: 23K 557226 / 7516516). Em uma altitude de aproximadamente 410 metros, a exposição revela um pacote sedimentar fluvial com cerca de 1,2 metros de espessura visível, constituído por ortoconglomerados grossos com clastos majoritariamente quartzosos, e secundariamente feldspáticos, todos com bom grau de esfericidade e arredondamento, o que sugere transporte fluvial prolongado. Os clastos se apresentam mal selecionados, variando de granulometria média a grossa, com diâmetros que alcançam 2–4 cm, imersos em uma matriz arenosa predominantemente composta por areia grossa, de coloração amarelada a castanha clara. A matriz é porosa, pouco compactada e apresenta textura friável. A estratigrafia do afloramento revela uma zona inferior levemente mais clara, sobre a qual se sobrepõe um pacote conglomerático mais espesso, bem marcado visualmente pela disposição contínua e densa de seixos. A parte superior do afloramento exibe um material mais maciço, intemperizado, com coloração mais pálida e aspecto endurecido, sugerindo influência de alteração pedológica incipiente. Não foram observadas estruturas sedimentares primárias marcantes, como estratificação cruzada ou gradação normal.



Figura 14: Fotomosaico interpretativo do afloramento TQR-3, evidenciando ortoconglomerado com clastos mal selecionados em matriz arenosa grossa. Organização: Autora (2025).

Foi coletada a amostra TQR-3A e TQR-3B para datação por luminescência. Os resultados obtidos indicaram uma idade máxima de 162051 ± 21328 (feldspato pIRIR290) para TQR-3A, já no TQR-3B a idade foi 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. Esses dados permitem correlacionar o afloramento TQR-3 com superfícies fluviais do Pleistoceno superior, reforçando sua interpretação como um terraço fluvial elevado e estabilizado.

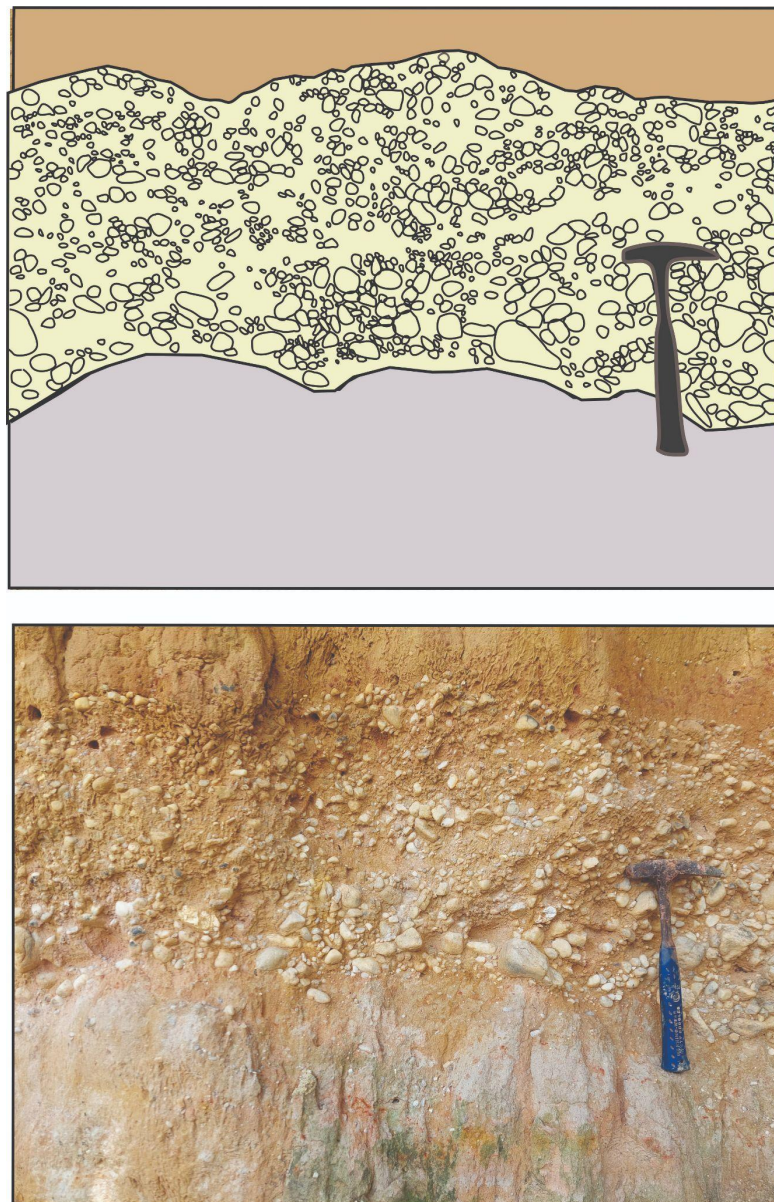


Figura 15: Fotografia e figura interpretativa do afloramento TQR-3. Organização: Autora (2025).

6. DISCUSSÕES

Os depósitos sedimentares analisados na área de estudo em Resende (RJ) representaram episódios deposicionais associados à dinâmica fluvial pleistocênica de afluentes do rio Paraíba do Sul. A análise faciológica integrada revelou 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) (Figura 16), conforme caracterizado por Miall (1996) e Bridge (2003).

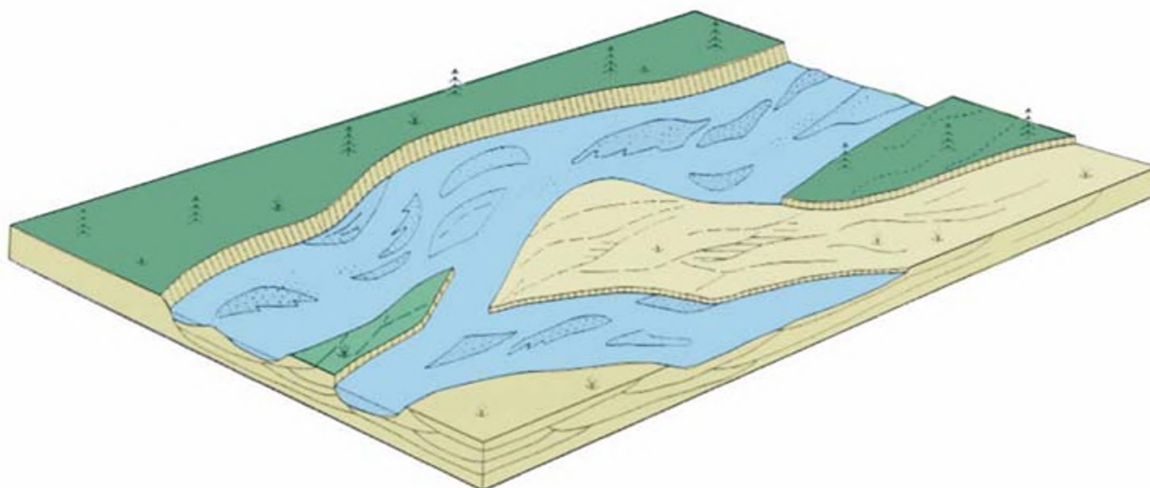


Figura 16: Modelo de sistema fluvial entrelaçado (extraído de Sanson, 2006 e modificado de Miall, 1996)

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 secas (Tricart, 1977; Stevaux & Latrubesse, 2017).

Os resultados de idades apresentam-se relativamente homogêneos, o que indicaria que tal sedimentação conglomerática ("cascalheiras") teriam se depositado em um contexto temporal/climático específico, abrangendo o Pleistoceno Médio. Embora parte dos resultados (como os obtidos com OSL em quartzo e pIRIR290 em feldspato) tenham apresentado saturação, o conjunto cronológico pode apontar para 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 afetaram o clima e mudanças no nível de base provocariam ciclos de incisão e agradiação 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 Rifte 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.

Além disso, a distribuição altimétrica e espacial dos terraços fluviais investigados revela um padrão interpretativo significativo (Figura 17). O afloramento TQR-1, embora situado em cota inferior, junto à calha principal do rio Paraíba do Sul, apresenta idades mais antigas que os afloramentos TQR-2 e TQR-3, localizados em altitudes mais elevadas e associados a drenagens de menor ordem (Figura 18).

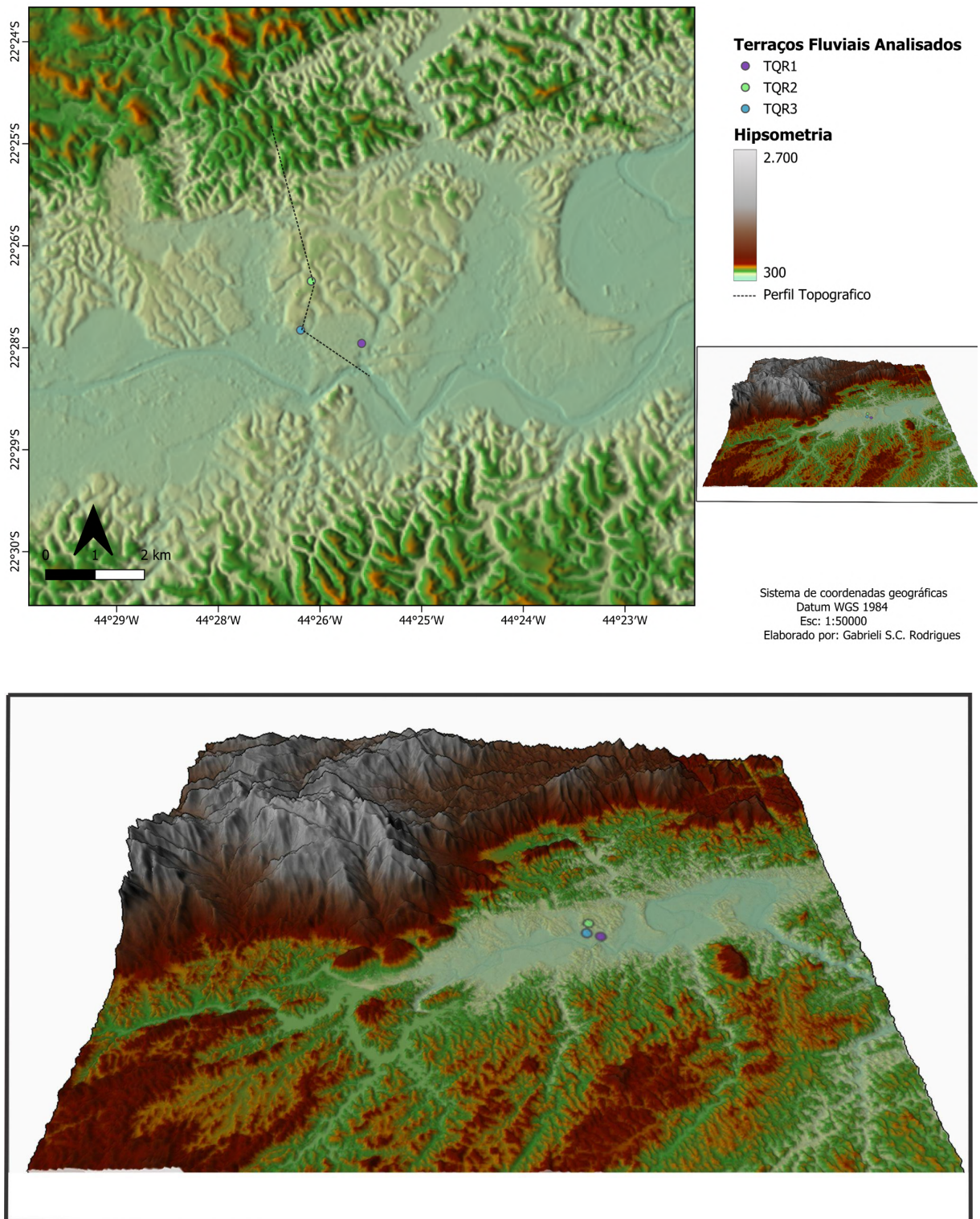


Figura 17: Mapa hipsométrico e modelo topográfico 3D da região da Bacia de Resende, com os afloramentos TQR1, TQR2 e TQR3. Organização: Autora (2025).

Essa inversão cronoestratigráfica pode estar relacionada a múltiplos fatores geomorfológicos. Uma possibilidade é a atuação de processos tectônicos

diferenciais que promoveram subsidência localizada na calha principal, favorecendo a preservação de terraços mais antigos em cotas mais baixas. Alternadamente, o padrão pode refletir episódios mais recentes de incisão fluvial nos setores periféricos, especialmente ao longo de tributários, o que teria removido depósitos mais antigos ou superpostos novos pacotes sedimentares em cotas elevadas (Tucker & Slingerland, 1997; Leeder, 2011).

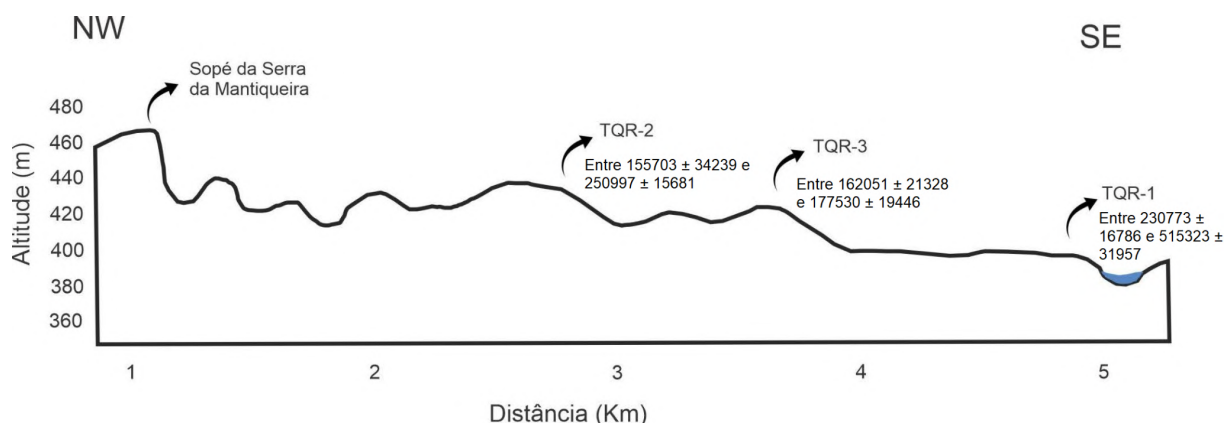


Figura 18: Perfil topográfico da área de estudo com localização dos terraços e seus respectivos registros estratigráficos.

Outro fator a considerar é que as idades mais antigas do TQR-1 podem estar associadas a um fotoesvaziamento incompleto dos sedimentos durante o transporte e deposição. Em sistemas de alta energia e com retrabalhamento rápido, a exposição insuficiente dos grãos à luz solar pode resultar em um “sinal residual” de luminescência, levando à superestimação das idades obtidas (Rittenour, 2008). Dessa forma, embora os resultados indiquem idades mais antigas, é possível que a deposição tenha ocorrido em um período mais recente.

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 aggradação 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).

7. CONCLUSÕES

Por meio da caracterização estratigráfica, sedimentológica e geocronológica de três terraços fluviais pleistocênicos, este estudo buscou contribuir para o entendimento da evolução sedimentar e da dinâmica paleoambiental da calha do rio Paraíba do Sul na Bacia de Resende, RJ. A integração entre análises de campo e datações por luminescência (OSL e pIRIR) permitiu reconstruir fases deposicionais marcadas por alternância entre regimes fluviais de alta energia e períodos de estabilidade superficial.

Os resultados inéditos de datação do Pleistoceno Médio demonstraram que os depósitos analisados registraram oscilações climáticas significativas ao longo do tempo, evidenciando a sensibilidade dos sistemas fluviais às variações ambientais quaternárias. A presença de fácies conglomeráticas espessas, estruturas maciças e pedogênese incipiente sugere uma interação entre forças climáticas e, possivelmente, eventos tectônicos sutis na gênese e preservação desses terraços.

Além de ampliar o conhecimento sobre a geomorfologia quaternária do médio curso do rio Paraíba do Sul, este trabalho oferece uma base para futuros estudos voltados à correlação regional de superfícies fluviais, refinamento cronológico e modelagem paleoambiental de bacias sedimentares intermontanas no Sudeste do Brasil. Apesar da robustez metodológica, o estudo apresenta limitações decorrentes da escassez de afloramentos contínuos, da falta de estruturas sedimentares e da saturação dos sinais de luminescência em algumas amostras, o que impõe cautela na interpretação das idades absolutas.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Os domínios morfoclimáticos da América do Sul: a primeira aproximação. *Geomorfologia*, n. 52, p. 1–21, 1977.
- ALBUQUERQUE, A. P. B. Análise dos padrões de fraturamento neotectônico e a sua possível aplicação na avaliação hidrogeológica da Bacia Sedimentar de Resende (RJ). 2001. 61 f. Monografia (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- ALMEIDA, R. P. et al. Paleodrenagens e registros sedimentares fluviais do Quaternário na borda da Serra da Mantiqueira, Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 3, p. 595–609, 2018.
- BEHLING, H. et al. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in southeastern Brazil: inferences from marine cores. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 179, n. 3–4, p. 227–243, 2002.
- BLUM, M. D.; TÖRNQVIST, T. E. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, v. 47, n. s1, p. 2–48, 2000.
- 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, p. 435–445, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2012.00248.x>.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CRUZ JUNIOR, F. W. et al. Orbitally driven east–west antiphasing of South American precipitation. *Nature Geoscience*, v. 2, p. 210–214, 2009.
- CUNNINGHAM, A. C.; WALLINGA, J. Selection of integration time intervals for quartz OSL decay curves. *Quaternary Geochronology*, v. 5, p. 657–666, 2010.

DERBY, O. A. Estrutura geológica e mineralógica. In: WAPPÄUS, J. E. A. *Geographia Physica do Brazil*. Rio de Janeiro: G. Leuzinger & Filhos, 1884. p. 13–59.

ESCOBAR, I. P. Estudo regional da Bacia de Resende com base no método gravimétrico. Rio de Janeiro: CPRM, Projeto MODESTHI, 1999. 26 p.

GALBRAITH, R. F. et al. Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinmium rock shelter, northern Australia: part I, experimental design and statistical models. *Archaeometry*, v. 41, p. 339–364, 1999.

GUEDES, E. et al. K-Ar and Ar/Ar ages of dikes emplaced in the onshore basement of Santos Basin, Resende area, SE Brazil: implications for the South Atlantic opening and Tertiary reactivation. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 18, n. 3–4, p. 371–382, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2004.11.008>.

GUÉRIN, G.; MERCIER, N.; ADAMIEC, G. Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL*, v. 29, p. 5–8, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. São Paulo: IPT, 1983. (IPT – Publicação 1333).

LOWE, J. J.; WALKER, M. J. C. *Reconstructing Quaternary Environments*. 3. ed. London: Routledge, 2015.

MIALL, A. D. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin: Springer-Verlag, 1996.

MIALL, A. D. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin: Springer-Verlag, 2006.

MISSURA, R.; CORRÊA, A. C. B. Evidências geomorfológicas como ferramentas para a reconstrução paleogeográfica na Mantiqueira Ocidental–MG. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 24, n. 3, p. 268–287, 2007.

MOURA, J. C.; MELLO, C. L. Geologia da planície fluvial quaternária do rio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, n. 2, p. 124–132, 1991.

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

NEGRÃO, A. P. et al. Tectonosedimentary evolution of the Resende and Volta Redonda basins (Cenozoic, Central Segment of the Continental Rift of Southeastern Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 102, p. 102789, 2020.

OLIVEIRA, S. C. et al. Luminescence chronology of terrace development in the Upper Paraná River, southeast Brazil. *Frontiers in Earth Science*, v. 7, p. 200, 2019. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00200>.

PRESCOTT, J. R.; HUTTON, J. T. Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements*, v. 23, p. 497–500, 1994.

RAMOS, R. R. C. Sistemas aluviais terciários da Bacia de Resende, estado do Rio de Janeiro, Brasil: análise de fácies e revisão estratigráfica. 2003. 221 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

RHODES, E. J. Optically stimulated luminescence dating of sediments over the past 200,000 years. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 39, p. 461–488, 2011. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-040610-133425>.

RICCOMINI, C. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. 1989. 256 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

RICCOMINI, C.; ASSUMPÇÃO, M. Quaternary tectonics in the intraplate area of Southeastern Brazil: the case of the Bauru Basin. *Quaternary International*, v. 101–102, p. 117–124, 1999.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (orgs.). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 383–405.

Rittenour, T.M., 2008. Luminescence dating of fluvial deposits: applications to geomorphic, palaeoseismic and archaeological research: *Boreas*, v. 37, n. 4, p. 613-635. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2008.00056.x>

SAINT-EXUPÉRY, A. O pequeno príncipe. Rio de Janeiro: Agir, 2006. p. 53–56.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. Depósitos quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 3, p. 385–395, 2006.

SALLUN, A. E. M. et al. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n. 2, p. 401–412, 2007.

SCHUMM, S. A. The fluvial system. New York: Wiley-Interscience, 1977.

SEDORKO, D. et al. Ichnological analysis and paleoenvironmental inferences of Neogene meandering fluvial deposits in Continental Rift of Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 54, n. 1, e20230043, 2024.

SILVA, L. C.; CUNHA, H. C. S. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM / DRM-RJ, 2001. 88 p.

SILVA, T. P.; MELLO, C. L. Reativações neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil). *Geologia USP. Série Científica*, v. 11, n. 1, p. 95–111, 2011.

STEVANUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336 p.

SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SUGUIO, K. et al. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. O Quaternário do Brasil, p. 114-129, 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. La géomorphologie climatique. Paris: Masson et Cie, 1977.

TUCKER, G. E.; SLINGERLAND, R. Drainage Basin Responses to Climate Change. Water Resources Research, v. 33, p. 2031-2047, 1997.