

## CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO PIRAPETINGA, RESENDE - RJ

*MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE PIRAPETINGA RIVER BASIN, RESENDE - RJ*

*CARACTERIZACION MORFOMETRICA DE LA CUENCA DEL RIO PIRAPETINGA, RESENDE - RJ*

### RESUMO

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é importante para o entendimento da dinâmica dos processos hídricos e das formas de relevo. O presente trabalho tem o objetivo de caracterizar a morfometria da bacia hidrográfica do rio Pirapetinga, Resende – RJ, para melhor entender a evolução do relevo da borda norte da bacia sedimentar de Resende. Sendo o maior afluente do rio Paraíba do Sul no Sul-Fluminense, drenando uma área de 218,43 km<sup>2</sup>, o rio nasce no Parque Nacional do Itatiaia, drenando no seu alto curso duas unidades de conservação: o Parque Estadual da Pedra Selada, na margem esquerda e a APA da Serrinha do Alambari, em sua margem direita. Seu curso médio corta uma sucessão de morros altos, serras baixas, morrotes até adentrar no tabuleiro da Bacia Sedimentar de Resende onde desemboca no rio Paraíba do Sul, a aproximadamente 400 m de altitude. Esta bacia de sexta ordem, em forma de Tê, assimétrica, possui forte controle tectônico como indicado pelo perfil longitudinal, o RDE real, a assimetria de trechos de seu vale e o paralelismo da drenagem entre outros indicadores.

**Palavras-chave:** Morfometria; Bacia Sedimentar de Resende; Geomorfologia; Neotectônica; Perfil Longitudinal.

### ABSTRACT

The morphometric characterization of a watershed is important for understanding the dynamics of water processes and relief forms. The present work aims to characterize the morphometry of the Pirapetinga river basin, Resende - RJ, to better understand the evolution of the relief of the northern edge of the sedimentary basin of Resende. Being the largest tributary of the Paraíba do Sul River in Sul-Fluminense, draining an area of 218.43 km<sup>2</sup>, the river is born in the Itatiaia National Park, draining in its upper course two conservation units: the Pedra Selada State Park, in left bank and the APA of Serrinha do Alambari, on its right bank. Its medium course cuts through a succession of high hills, low mountains, hills until it enters the board of the Resende Sedimentary Basin where it flows into the Paraíba do Sul River, at approximately 400 m altitude. This sixth-order, T-shaped, asymmetrical basin has strong tectonic control as indicated by the longitudinal profile, the real RDE, the asymmetry of sections of its valley and the parallelism of the drainage, among other indicators.

**Keywords:** Morphometry; Resende Sedimentary Basin; Geomorphology; Neotectonics; Longitudinal Profile.

### RESUMEN

La caracterización morfométrica de una Cuenca Hidrográfica es importante para comprender la dinámica de los procesos hídricos y las formas del relieve. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la morfometría de la cuenca del río Pirapetinga, Resende - RJ, para comprender mejor la evolución del relieve del borde norte de la cuenca sedimentaria de Resende. Siendo el mayor afluente del río Paraíba do Sul en el Sul-Fluminense, drenando un área de 218,43 km<sup>2</sup>, el río nace en el Parque Nacional Itatiaia, drenando en su curso superior dos unidades de conservación: el Parque Estadual Pedra Selada, en margen izquierda y el APA de Serrinha do Alambari, en su margen derecho. Su curso medio atraviesa una sucesión de cerros altos, cerros bajos, cerros hasta entrar en el tablero de la Cuenca Sedimentaria de Resende donde desemboca en el río Paraíba do Sul, a aproximadamente 400 m de altitud. Esta cuenca asimétrica de sexto orden en forma de T tiene un fuerte control tectónico como lo indican el perfil longitudinal, el RDE real, la asimetría de secciones de su valle y el paralelismo del drenaje, entre otros indicadores.

**Palabras-clave:** Morfometría; Cuenca Sedimentaria de Resende; Geomorfología; Neotectónica; Perfil Longitudinal.

 Ricardo Vaz Leite <sup>a</sup>  
 Maria Naíse Oliveira Peixoto <sup>a</sup>  
 Fabiana Freitas <sup>a</sup>  
 Renato Rodrigues Cabral Ramos <sup>a</sup>  
 Pedro Ferreira Chagas Araújo <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro

DOI: 10.12957/geouerj.2023.69217

**Correspondência:** vazleite@uol.com.br;  
marianaisepeixoto@gmail.com;  
fabianafreitas.ufrj@gmail.com;  
rramos@mn.ufrj.br;  
pftchagas@gmail.com.

**Recebido em:** 18 jul. 2022

**Revisado em:** 18 jul. 2022

**Aceito em:** 11 maio 2023



## INTRODUÇÃO

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica ajuda a desvendar o mecanismo evolutivo desta morfologia. Para esta caracterização, utilizamos os preceitos teóricos de Tonello (2005) e os procedimentos metodológicos de Christofolletti (1981). A bacia hidrográfica constitui a principal unidade de evolução geomorfológica (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990), sendo composta por uma rede de canais fluviais articulados a ambientes de encostas, e que podem ter uma dinâmica bastante diferenciada de acordo com os elementos que as compõem (formas e declividade das encostas, tipos de litologia, influência de controles de estruturas geológicas, dentre outros) e de acordo com os índices e tipos de precipitação que recobre a bacia em estudo (SILVA; PAES, 2018).

A água, ou melhor, os recursos hídricos, tornaram-se nas últimas décadas uma commodity. Para entender, quantificar e qualificar este bem a caracterização morfológica de uma bacia hidrográfica é de grande importância, servindo para uma interpretação futura deste recurso hídrico. Além disso, a aplicação da morfometria tem se mostrado ser uma ferramenta importante na investigação de uma primeira aproximação dos processos evolutivos em bacias de drenagem, sua evolução tectônica bem como, na avaliação da dinâmica atual (LEITE, 2021). A caracterização e interpretação de uma bacia de drenagem não estarão completas sem a análise e interpretação dos mapas litológico, compartimentação geomorfológica e de inter-relação entre drenagem, estrutural e litológico. Para melhor visualização dos índices morfométricos foram realizados mapas de drenagem; declividade; elevação; padrões de relevo e unidades morfoestratigráficas.

Summerfield (1991) faz referência à utilização da análise do arranjo da rede de drenagem como parâmetro de investigação da existência de controle tanto de estruturas geológicas antigas como da tectônica ativa (neotectônica) na paisagem. Sendo importante, também, considerar a diferença de resistência nos substratos (litologia) e aspectos climáticos.

Segundo Etchebehere (2005), os cursos d'água representam os elementos mais apropriados para este tipo de análise por se ajustarem rapidamente a deformações crustais, mesmo àquelas muito sutis, gerando modificações perceptíveis em seus parâmetros morfométricos. Nesse sentido, as técnicas morfométricas que exploram atributos relacionados aos perfis ou ao traçado dos cursos d'água apresentam um potencial relativamente elevado para a detecção e a avaliação de deformações.

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos mais comuns realizados em análises ambientais e visa elucidar diferentes questões para a compreensão da dinâmica ambiental local e, até mesmo, regional. Christofolletti (1999) caracteriza a análise morfométrica como um conjunto de procedimentos, que descrevem os aspectos geométricos e de composição dos sistemas

ambientais, servindo como indicadores relacionados à forma, ao arranjo estrutural e a interação entre as vertentes e a rede de canais fluviais de uma bacia hidrográfica.

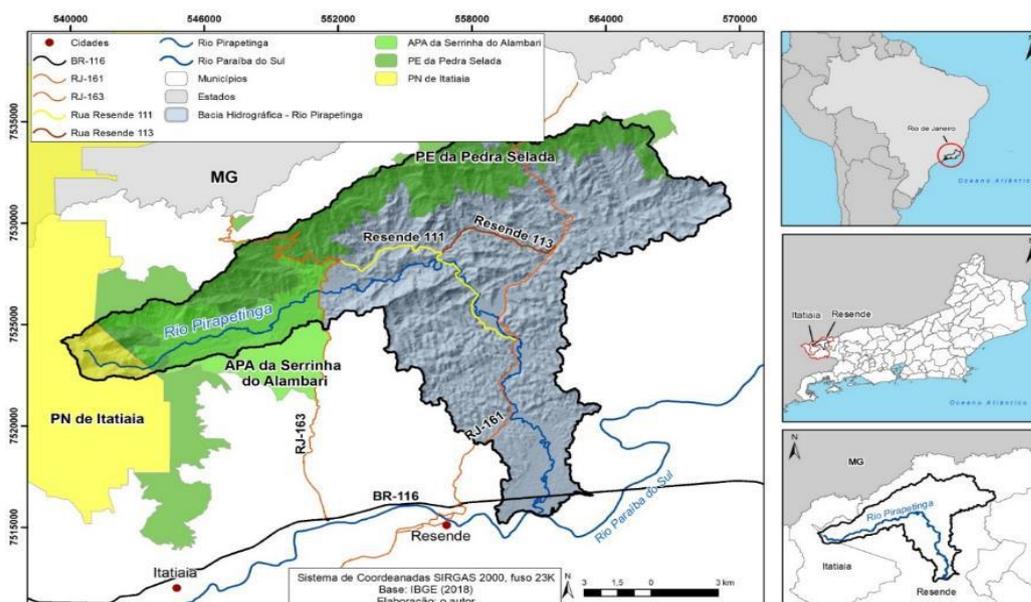
Uma das formas de se procurar analisar o mecanismo evolutivo das bacias de drenagem é através da caracterização e interpretação de parâmetros morfométricos. Os estudos morfométricos de formas de relevo e da rede de drenagem são instrumentos básicos para a caracterização de elementos que permitem descrever e compreender o funcionamento de uma bacia de drenagem. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo aplicar e discutir metodologias para a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapetinga, contribuindo assim para uma análise do impacto da neotectônica na região e para a construção de um modelo de evolução do relevo local.

### Área de Estudo

O rio Pirapetinga nasce no Maciço do Itatiaia, com seus afluentes da margem esquerda drenando o Parque Estadual da Serra da Pedra Selada e os afluentes da margem direita drenando parte do distrito da Serrinha do Alambari, na APA da Serrinha do Alambari (Figura 01).

A bacia encontra-se localizada integralmente no município de Resende – RJ (Figura 01), sendo cortada pelas rodovias estaduais RJ-163, ligando a rodovia Presidente Dutra (BR-116) à divisa com Minas Gerais, no Distrito de Visconde de Mauá, pela RJ-161 que liga a rodovia Presidente Dutra ao distrito da Fumaça e à divisa com o estado de Minas Gerais e pelas estradas municipais RES-111 e RES-113 que interligam estes distritos às rodovias RJ-163 e RJ-161 (LEITE, 2021).

Figura 01: Mapa de localização da bacia do rio Pirapetinga com as unidades de conservação: APA - APA Serrinha do Alambari, PNI – Parque Nacional do Itatiaia e PREPS – Parque Estadual da Pedra Selada.

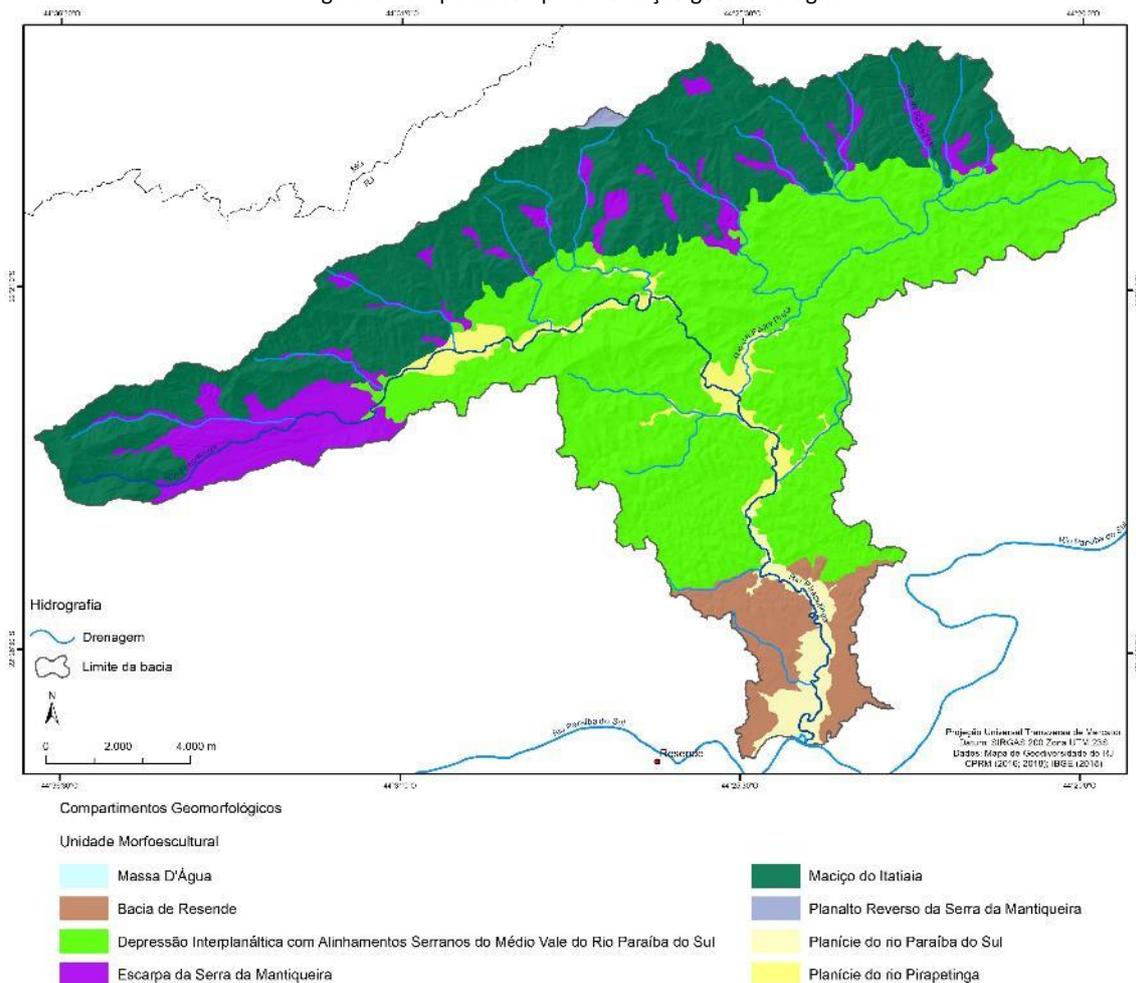


Fonte: Elaborado pelos autores



A bacia do rio Pirapetinga está inserida em duas unidades morfoestruturais, segundo Dantas (2000): Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico e a Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozoicas. A Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico está subdividida em três unidades morfoesculturais e suas respectivas unidades geomorfológicas: Unidade Morfoescultural Maciços Costeiros e Interioranos (Unidade Geomorfológica Maciço do Itatiaia), Unidade Morfoescultural Escarpas Serranas (Unidade Geomorfológica Escarpas Serranas da Serra da Mantiqueira), Unidade Morfoescultural Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos (Unidade Geomorfológica Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul). A Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozoicas por sua vez é subdividida, na área da bacia, na Unidade Geomorfológica Bacia de Resende, da Unidade Morfoescultural Tabuleiros de Bacias Sedimentares (DANTAS, 2000). A compartimentação Geomorfológica desta bacia (Figura 02) pode ser dividido em quatro compartimentos principais: as Escarpas da Mantiqueira (DANTAS, 2000) que domina toda borda norte da bacia; o Maciço do Itatiaia (DANTAS, 2000): na extremidade noroeste, nas cabeceiras do rio Pirapetinga; a Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos (DANTAS, 2000): no centro-leste da bacia representando a mais extensa compartimentação geomorfológica e o Tabuleiro da Bacia Sedimentar de Resende (DANTAS, 2000) : no extremo sul da bacia até a sua foz no rio Paraíba do Sul (Figura 02).

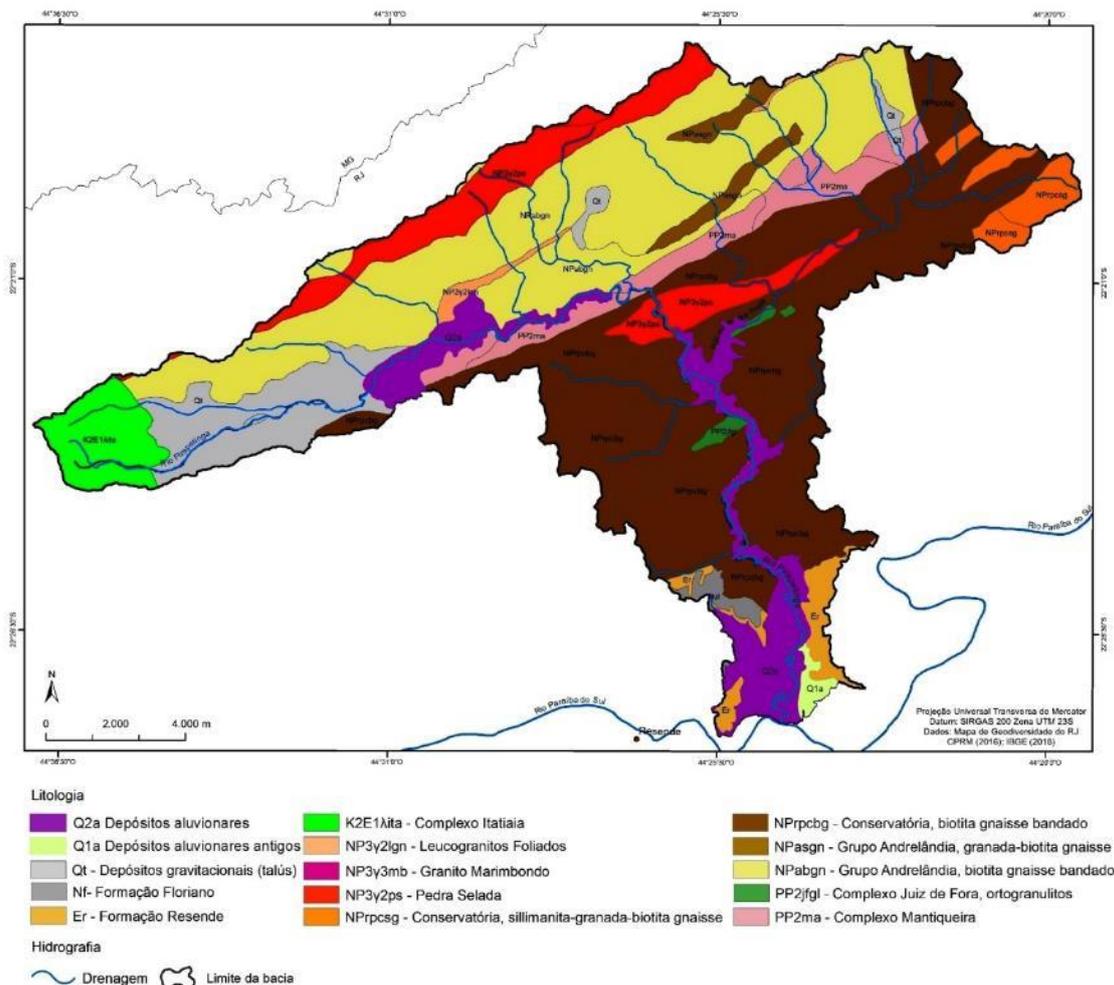
Figura 02: Mapa de compartimentação geomorfológica



Fonte: CPRM, 2016; IBGE, 2018)

Segundo Heilbron et al. (2004) a área de estudos faz parte do Complexo Juiz de Fora (2002 a 2134 Ma) do Terreno Ocidental, setor central da Faixa Ribeira. É constituído somente por ortognaisses migmatíticos, portadores de paragêneses metamórficas da fácies granulito. As rochas granulíticas ocorrem como escamas tectônicas intercaladas com rochas da cobertura metassedimentar neoproterozoica. Engloba ortognaisses e metabasitos associados com paragêneses diagnósticas para a fácies granulito e biotita-hornblenda gnaisses migmatíticos metamorfizados em fácies anfibolito superior, que afloram ao longo da porção sul/sudeste do Estado de Minas Gerais e região limítrofe com o Estado do Rio de Janeiro, no setor central da Faixa Ribeira. Abaixo, mapa geológico da bacia do rio Pirapetinga (Figura 03 e Quadro 01).

Figura 03: Mapa litológico da bacia do Rio Pirapetinga



Fonte: CPRM, 2016; IBGE, 2018

Quadro 1: Litologia da bacia do rio Pirapetinga.

LITOLOGIA	CARACTERÍSTICAS
Embasamento Cristalino	Constituído por complexos ortoderivados paleoproterozoicos, complexos paragneissicos neoproterozoicos e suítes intrusivas neoproterozoicas/eopaleozoicas. Todas estas unidades do embasamento na região da bacia de Resende ocorrem sob a forma de corpos alongados de direção NE-SW, seguindo o trend regional da Faixa Ribeira (HEILBRON et al., 2016).
Rochas Alcalinas	Complexo Itatiaia formado pela intrusão alcalina do Cretáceo Superior que baliza o maciço de Itatiaia é composto essencialmente por nefelina- sienitos, foiaitos, brechas magmáticas, nordmakitos, quartzosienitos e granitos alcalinos (ROSA; RUBERTI, 2018).
Depósitos paleogênicos/ neogênicos	Os depósitos cenozoicos da bacia de Resende ocorrem na extremidade sul da bacia hidrográfica do rio Pirapetinga e são representados por conglomerados finos, arenitos feldspáticos e lamitos esverdeados da Formação Resende, bem como depósitos arenosos e lutíticos bastante pedogenizados pertencentes à Formação Floriano (RAMOS et al., 2005).
Depósitos quaternários	Os depósitos quaternários são compostos por aluviões, depósitos coluviais, leques e depósitos de talús e rampas de alúvio-colúvio (LEITE, 2021).

Fonte: Elaborado pelos autores



## Materiais

A presente pesquisa foi desenvolvida inicialmente a partir de um levantamento bibliográfico a fim de desenvolver uma base teórica-conceitual. As técnicas empregadas são predominantemente utilizadas em estudos geomorfológicas e geológicas, que incluem: produção de mapas de feições geomorfológicas, cálculo de parâmetros morfométricos, interpretações de mapas e cartas topográficas, geomorfológicas e geológicas. Também foram realizadas cinco atividades de campo para a verificação dos dados e informações obtidas no escritório.

A análise e caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica foram efetuadas pela plataforma ArcGis 10.3 e os mapas foram executados usando a plataforma ArcMaps®. Outros softwares utilizados foram: Excel 2013, para a elaboração das planilhas; o Corel Draw 2018; o Elshayal Smart Gis para georreferenciamento e o GoogleEarthPro.

Forma utilizados os seguintes materiais cartográficos: ortofotos – IBGE (2018); Carta topográfica ITATIAIA-SE-SF-23-Z-A-I-4-SE-25.000 do Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro (2019); base vetorial contínua do estado do Rio de Janeiro (BC25\_RJ) do IBGE (2018); Base cartográfica sobre a litologia - Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (HEILBRON et al., 2016).

## Métodos

A análise e caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica foram efetuadas pela plataforma ArcGis 10.3 e os mapas foram executados usando a plataforma ArcMaps®, seguindo os procedimentos listados abaixo:

- Mapa de Elevação (Hipsométrico) - A elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 10 m foi realizada com a ferramenta Topo to Raster da caixa 3D Analysis do software ArcGis, utilizando-se os dados vetoriais do Projeto BC25\_RJ do IBGE (2018), em escala 1:25.000, referentes às características do relevo (curvas de nível e pontos cotados altimétricos). Deste modelo, foi obtido o raster correspondente ao sombreamento das vertentes, através da ferramenta hillshade, que foi utilizado para dar a textura de relevo ao mapa de elevação.
- Mapa de Hidrografia - A base hidrográfica utilizada integra o projeto de mapeamento da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro da CPRM em parceria com a UERJ, em escala 1:250.000. Tal projeto foi organizado por Heilbron et al. (2016).
- Mapa de Declividade - O mapa de declividade foi obtido através da aplicação da ferramenta Slope do 3D Analysis do software ArcGIS 10.3 no MDE gerado. As classes de relevo utilizadas são do Manual Técnico da Embrapa (1979), que define seis classes de distribuição da declividade do relevo a partir do gradiente da variação altimétrica em porcentagem: Plano, Suave Ondulado, Ondulado, Forte



Ondulado, Montanhoso e Escarpado. Estas classes de relevo utilizadas, presentes no quadro 02, foram definidas segundo o Relatório Técnico da Embrapa (2006):

Quadro 02: Classes de relevo, segundo o Relatório Técnico da Embrapa.

Classe de Relevo	Características
Plano	Marcada por uma superfície topográfica esbatida ou horizontal, com desnivelamentos pouco expressivos, com declividades variáveis de 0 a 3%
Suave Ondulado	Expressa por uma superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m, respectivamente), apresentando declives suaves, variáveis de 3 a 8%
Ondulado	Demarca superfícies topográficas também pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, variáveis de 8 a 20%.
Forte ondulada	Expressa uma superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
Montanhosos	São caracterizados por superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.
Escarpada	Expressa áreas onde há o predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias e vertentes de declives muito fortes, ultrapassando 75%.

Fonte: Relatório Técnico da Embrapa, 2006

- Mapas de Compartimentos Geomorfológicos e Padrões de Relevo - Obtidos através da biblioteca de Cartas de Padrões do Relevo Municipais da CPRM, organizadas por Dantas et al. (2016). Foram utilizadas as cartas de Resende e Itatiaia em escala 1:25.000. Foi utilizada a simbologia padrão da CPRM.
- Mapa Geológico - Obtido também através do projeto de mapeamento da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro da CPRM em parceria com a UERJ. As folhas correspondentes à área de estudo são Agulhas Negras e Passa Quatro, ambas em escala 1:50.000. A simbologia utilizada integra a legenda padrão da CPRM. Foram confeccionados mapas conjugados de estruturas geológicas, litologia e redes hidrográficas.



A base hidrográfica foi obtida em escala de 1:250.000, deste mesmo projeto. Os resultados, mapeamentos e cálculos foram elaborados com o auxílio dos dados vetoriais do projeto BC25\_RJ do IBGE (2018) somados a interpretação de imagens de Satélite georreferenciadas do Google Earth Satellite Imagery, de Resolução Espacial de cerca de 1 metro. As imagens disponíveis na interface Google Earth Pro foram georreferenciadas através do uso do software Elshayal Smart GIS, carta por carta foi formado um banco de dados para Bacia do Rio Pirapetinga de forma a facilitar as posteriores análises espaciais.

- Mapa de Unidades Morfoestratigráficas Mapa obtido através da extração das unidades agradacionais das Cartas Padrões do Relevo Municipais de Resende e Itatiaia, da CPRM, organizadas por Dantas et al. (2016).
- Cálculos de Parâmetros Morfométricos: Foram obtidos a partir da base ortocodificada da Agência Nacional de Águas para a bacia do rio Paraíba do Sul, em escala de 1:25.000, do ano de 2017. É importante esclarecer que os cursos d'água foram verificados através de ortofotos do IBGE e da extração da rede de drenagem a partir da obtenção dos raster de Direção de Fluxo, Acúmulo de Fluxo e Fluxo pela análise hidrológica do software ArcGIS 10.3 (com um índice de 1500) a fim de corrigir o excesso de canais de primeira ordem. O modelo digital de elevação utilizado na análise hidrológica foi o mesmo obtido através da ferramenta Topo to Raster da caixa 3D Analysis do software ArcGIS 10.3, com 10 m de resolução espacial. A hierarquia da rede de drenagem segue os critérios de Strahler (1952).

As quantidades e os comprimentos das feições foram obtidos através da ferramenta de Estatística do *software* ArcGIS 10.3. Para tal, foi necessário um pré-processamento para agrupar os trechos de drenagem em cursos d'água. Os parâmetros morfométricos desta bacia foram divididos seguindo as características da rede de drenagem, características geométricas e características do relevo.

A ordenação dos cursos d'água foi feita com base na classificação de Strahler (1952): rios de primeira ordem são aqueles sem tributários ou de cabeceira, já os de segunda ordem formados pela união de dois de primeira ordem e assim por diante.

Alguns autores consideram bacias pequenas aquelas com área inferior a 3 km<sup>2</sup>, bacias médias, com área variando de 3 km<sup>2</sup> a 1000 km<sup>2</sup> e bacias grandes com área superior a 1000 km<sup>2</sup>. Para Wisler e Brater (1964), bacias pequenas são as que possuem área inferior a 10 milhas quadradas (26 km<sup>2</sup>) e bacias grandes com área superior a esse valor.

Quanto à forma, normalmente as bacias tendem a ter o formato de uma pera, mas variáveis geológicas podem resultar em grandes derivações dessa forma (LINSLEY et al., 1975). Para as bacias geográficas maiores, as principais estruturas geológicas, dobras e cadeias de montanhas serão os fatores preponderantes da



posição das linhas divisórias de água das nascentes, enquanto que os limites laterais podem ser determinados pelas estruturas geológicas ou erosão. Para as bacias menores, normalmente a erosão é o fator primordial Wisler e Brater (1964). Gravelius (1914) propôs o uso de dois índices de forma para uma bacia hidrográfica: o coeficiente de compacidade  $k_c$  e o fator de forma  $k_f$ . O coeficiente de compacidade  $k_c$  é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo, cuja área é igual à da área de drenagem da bacia. Quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e, por conseguinte, a tendência a enchentes será maior Vilella e Mattos (1975), pois maior será a possibilidade de toda a área estar contribuindo de uma só vez. O fator de forma  $k_f$  é a relação entre a largura média e o comprimento do eixo (ou axial) da bacia. Esse comprimento é medido da foz ao ponto mais distante da bacia. Obtém-se a largura média dividindo-se a área pelo comprimento do eixo. Para bacias com saídas laterais, com largura maior que o comprimento, este valor pode ser superior à unidade. O fator de forma também dá alguma indicação sobre a tendência a inundações, pois em uma bacia com fator de forma baixo há uma possibilidade menor de uma chuva intensa cobrir toda a sua extensão do que em uma bacia com mesma área e fator de forma maior Wisler e Brater (1964) e, também, segundo Vilella e Mattos (1975), em tal bacia a contribuição dos afluentes atinge o rio principal em vários pontos, afastando da condição ideal da bacia circular, na qual a concentração do deflúvio ocorre em um só ponto.

O sistema de drenagem de uma bacia pode ser avaliado por vários critérios, como a relação de bifurcação  $R_b$ , relação dos comprimentos  $RL$ , relação das áreas  $R_a$ , densidade de drenagem  $D_d$ , extensão média do escoamento superficial  $E$ , coeficiente de manutenção dos canais  $C$ , densidade de confluências  $D_c$ , sinuosidade do curso d'água  $Sin$  e densidade hidrográfica  $D_h$ . A densidade de drenagem  $D_d$  é o resultado da divisão entre o comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia Linsley et al. (1975). A densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial Vilella e Mattos (1975), pois uma baixa densidade de drenagem significa uma maior superfície de contribuição, fazendo com que o deflúvio demore mais para atingir os rios. Segundo Linsley et al. (1975), uma densidade de drenagem alta reflete uma bacia altamente dissecada, que responde de maneira relativamente rápida a uma determinada quantidade de chuva, enquanto uma densidade de drenagem baixa reflete uma bacia de drenagem pobre com respostas hidrológicas lentas. Conforme os autores, densidades de drenagens baixas são observadas normalmente em solos mais resistentes à erosão ou muito permeáveis e onde o relevo é suave. Valores altos podem ser esperados em bacias cujos solos são facilmente erodidos ou relativamente impermeáveis, as declividades são altas e as coberturas de vegetação são ralas.

A densidade hidrográfica  $D_h$  foi definida por Horton (1932; 1945) como o número de canais por unidade de área. Utilizando-se a ordenação de Strahler (1952), o número de canais 11 corresponde ao número de rios de ordem um, pois implica que todo rio surge em uma nascente. Linsley et al. (1975) pode ter mais influência



na resposta hidrológica de uma bacia que propriamente sua forma uma vez que a velocidade de escoamento superficial depende em grande parte da declividade. O relevo também tem grande influência sobre os fatores meteorológicos como a temperatura, precipitação, evaporação, entre outros, que variam em função da altitude da bacia. Os principais elementos relacionados ao relevo que caracterizam fisicamente uma bacia são os seguintes: declividade da bacia, número de rugosidade **G** e declividade.

Rugosidade foi definida por Strahler (1952) como o produto da diferença máxima de altitude dentro de uma bacia pela sua densidade de drenagem. Valores extremamente altos do número de rugosidade indicam que tanto a densidade de drenagem quanto a variação de altitude são altas em uma bacia, o que significa dizer que as vertentes, além de possuir uma declividade alta, são longas.

A declividade do canal é a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo trecho fluvial. A declividade afeta a velocidade de escoamento de um rio. Vertentes com declividades altas contribuem com uma grande quantidade de detritos maiores em direção aos canais que, por sua vez, devem ter uma declividade alta para poderem efetuar o transporte, ao passo que vertentes com relevo mais suave acabam gerando detritos menores e em menor quantidade, facilitando o transporte pelos rios, que necessitam então de uma declividade menor.

- Perfil Longitudinal do rio Pirapetinga: Foram utilizados os seguintes materiais: ortofotos – IBGE (2018); Carta topográfica ITATIAIA-SE-SF-23-Z-A-I-4-SE-25.000 do Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro (2019); curvas de nível (10 m) e pontos cotados altimétricos - base vetorial contínua do estado do Rio de Janeiro (BC25\_RJ) do IBGE (2018); Base cartográfica sobre a litologia - Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (HEILBRON et al., 2016) e os softwares - ArcGIS 10.3, Corel Draw 2018 e Excel 2013.

O perfil longitudinal do rio Pirapetinga foi obtido manualmente através da coleta do comprimento das distâncias entre as cotas de curvas de nível no software ArcGIS 10.3.

A última cota foi obtida através do dado de pontos cotados altimétricos. Os dados foram tabulados no software Excel 2013 para a construção do gráfico de dispersão. Ressalta-se que o vetor do rio Pirapetinga teve como base cartográfica a ortofoto do IBGE de 2018 e a carta 12 topográfica ITATIAIA-SE-SF-23-Z-A-I-4-SE-25.000 do Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro (2019). A última foi utilizada apenas para identificar o ponto inicial do rio.

O perfil longitudinal de uma drenagem corresponde a uma linha que une as altitudes do leito de um rio ao longo de todo o seu percurso, partindo da nascente e indo até a foz. Os estudos sobre perfil longitudinal de rios começaram na Europa, em meados do século XIX, influenciados pela necessidade da navegação fluvial.



Alfredo Björnberg, no final dos anos 1960, foi pioneiro em estudos flúvio-morfométricos com construções de perfis longitudinais de drenagens. O desenvolvimento histórico sobre o entendimento do perfil longitudinal dos cursos d'água, ressaltando que o perfil típico apresenta uma curva parabólica côncava e declividades maiores em direção à nascente, e menores em direção à desembocadura. Os cursos de água que apresentam tal morfologia são considerados em equilíbrio (igualdade entre a atuação da erosão, do transporte e da deposição de sedimentos). Geralmente, ao longo do seu curso, os rios têm vários trechos em equilíbrio, com inclinações suaves que seguem a declividade normal do canal, e outros em desequilíbrio, com irregularidades e deformações no traçado do canal. A representação longitudinal de um canal, e sua análise, pode ser uma ferramenta muito importante quando aliada a estudos geomorfológicos ajudando na compreensão do comportamento dos condicionantes que equilibram ou desequilibram o sistema fluvial (MELO; GOLDFARB, 2012).

O perfil longitudinal de um rio está intimamente ligado ao relevo e este por sua vez à litologia, ao clima e à movimentação tectônica, pois corresponde à diferença de altitude entre a nascente e a confluência com outro rio. Por isso, ao analisar o perfil longitudinal desta ou qualquer bacia, é possível constatar sua declividade ou gradiente altimétrico, pois se trata de uma relação visual entre a altitude e o comprimento de um determinado curso d'água, entre a nascente e a foz.

- Simetria: A análise da simetria do rio Pirapetinga foi calculado por 2 fatores: o Fator de Simetria Topográfica Transversa - FSTT (COX, 1994) e o Fator de Assimetria - FARD (Hare; Gardner, 1984). O fator FSTT (COX, 1994). Este índice varia de 0 (zero) a 1 (um), sendo que os valores mais próximos de zero (0) são demonstrativos de uma bacia simétrica, enquanto que os valores mais próximos de um (1) indicam uma assimetria da mesma. O índice de assimetria se obtém a partir da relação entre a distância do divisor de água da bacia ao eixo central, e a distância entre este eixo central e o canal principal. Os valores são obtidos pela relação  $T = D_a / D_d$  Sendo  $D_a$  a distancia horizontal entre o canal analisado até o eixo médio da bacia e  $D_d$  distancia horizontal entre o divisor de águas da bacia e o eixo médio. Para calcular o índice foram usados intervalos de 2 km representando cada trecho da bacia analisada, utilizando a metodologia descrita por Valézio (2016).
- O Fator de assimetria (FABD) corresponde à área da bacia à direita do rio ou à esquerda ( $A_r$ ), dividido pela área total da bacia ( $A_t$ ), multiplicada por 100, isto é,  $FA = 100 \times (A_r / A_t)$ , segundo Hare e Gardner (1984). Por este cálculo, os valores iguais ou próximos a 50 revelam pouca ou nenhuma atividade tectônica, valores maiores que 50 indicam um provável basculamento da margem da bacia.
- Relação Declividade – Elevação, RDE: O Índice de RDE (Relação Declividade versus Extensão) foi desenvolvido por Hack (1973) sendo capaz de determinar “anomalias” significativas na declividade natural do perfil longitudinal do rio. O RDE tem sido utilizado em análises geológico- geomorfológicas



das bacias de drenagem e para a detecção de evidências neotectônicas relacionadas às anomalias encontradas nos padrões da rede de drenagem.

Para calcular o índice RDE, elege-se o rio de maior extensão e hierarquia fluvial da bacia e aplica-se o cálculo de RDE total, em seguida, dividem-se os segmentos do rio em tamanhos semelhantes e calcula-se o RDE trecho em cada um dos segmentos. O RDE trecho é utilizado para o cálculo de pequenas extensões nas quais o rio principal está sendo dividido.

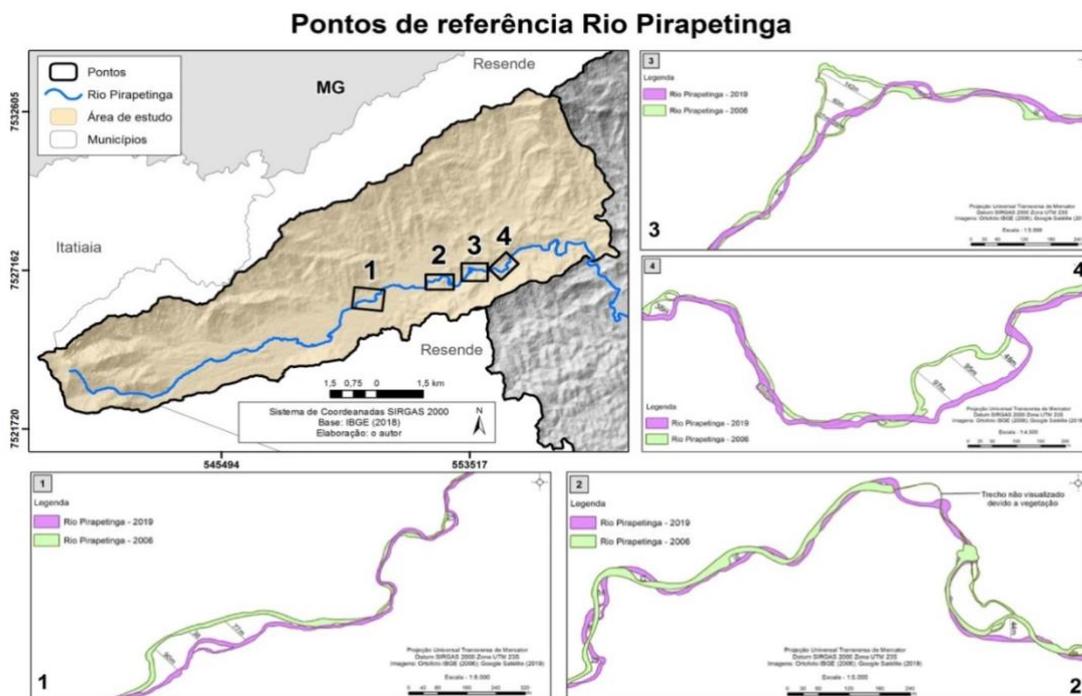
- O índice SL (Relação Slope vs Length) é um indicador sensível de mudanças na declividade do canal fluvial, que podem estar associadas a desembocaduras de tributários, a diferentes resistências do substrato rochoso à erosão hidráulica e, ou à atividade tectônica Barboza et al. (2013)

## Resultados

A bacia do rio Pirapetinga constitui a maior sub-bacia do rio Paraíba do Sul no Sul- Fluminense, drenando uma área de 218,43 km<sup>2</sup>, com 674 canais de drenagem que somam 652,7 km, formando uma bacia de 6ª ordem. A bacia hidrográfica tem forma de Tê, indicando forte controle estrutural ou tectônico. Sua rede de drenagem apresenta o padrão paralelo. Este tipo de padrão de drenagem é típico em regiões de falhas espaçadas, apresentando canais ou trechos retilíneos indicando serem controlados por falhas ou eventos tectônicos. Apresenta maior densidade na margem esquerda, devido às drenagens das Escarpas da Mantiqueira.

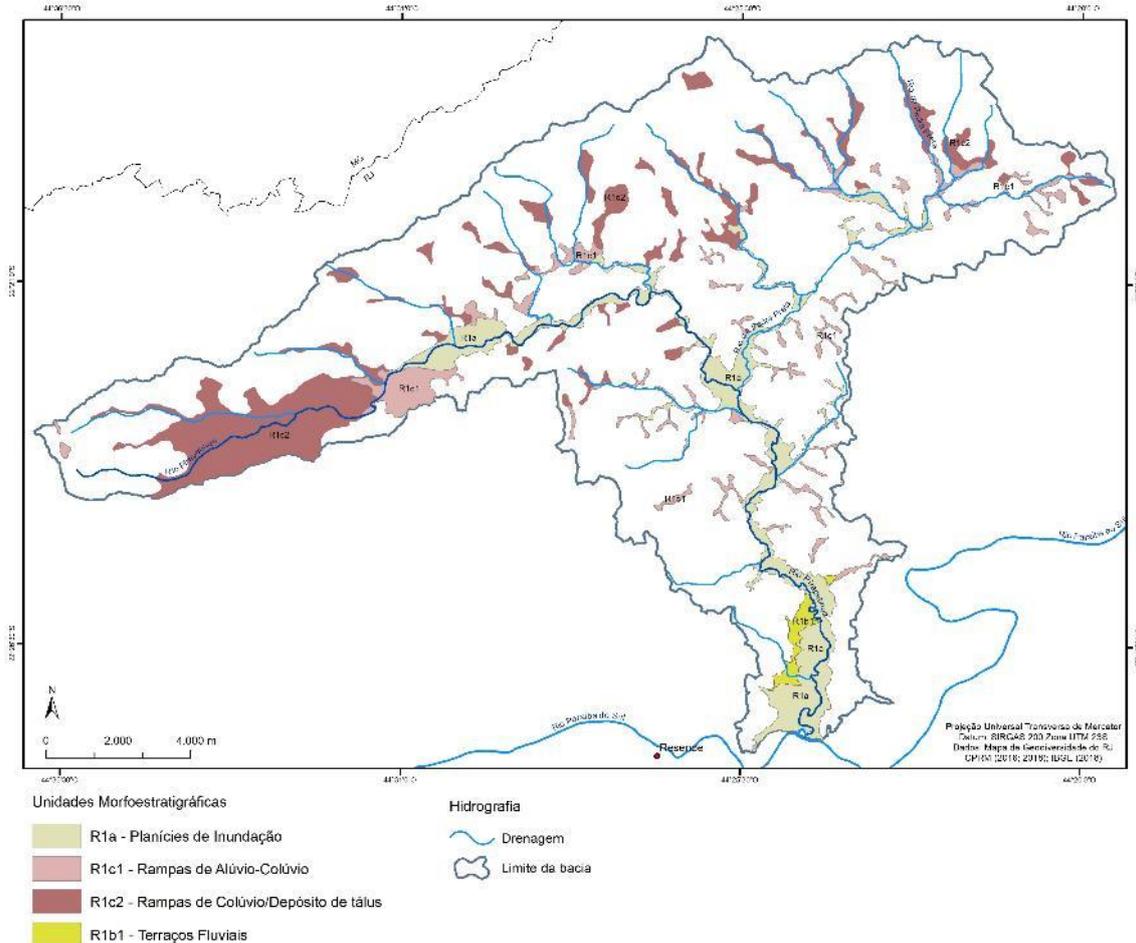
Negrão et al. (2020) descreve duas fases neotectônicas holocênicas, que ocorreram nas bacias de Resende e Volta Redonda. A primeira fase pleistocênica-holocênica, de transcorrência distal E-W responsável pela reativação de falhas NE-SW, responsável pelo realinhamento das drenagens e pela segmentação dos depocentros. A segunda fase holocênica, extensiva NW-SE foi responsável pela geração de importantes depocentros holocênicos e a reativação de estruturas do rifte. Há evidências morfológicas que estas atividades neotectônicas quaternárias tenham ocorrido também na bacia do rio Pirapetinga. Estas áreas são delimitadas por feições triangulares e lineamentos, apresentam anomalias no perfil longitudinal do rio Pirapetinga e anomalias de segunda ordem indicadas no **RDE** real, apresentarem assimetria do vale fluvial e vários trechos destes vales, com padrão retilíneo do canal, deslocados contra as escarpas ou serras baixas de uma de suas margens (Figura 04)

Figura 04: Mapa do setor noroeste da bacia do rio Pirapetinga com alguns trechos de canal retilíneos mostrando o condicionamento neotectônico ainda atuante.



O mapa de Unidades Morfoestratigráficas (Figura 05) apresenta as seguintes unidades: planície de inundação: encontrada basicamente às margens do rio Pirapetinga, principalmente no seu baixo curso, quando este cruza a bacia sedimentar de Resende; rampas de alúvio-colúvio: encontram-se concentradas majoritariamente no setor noroeste da bacia e, com menor área, por toda a bacia; rampas de colúvio e depósito de tálus: grande concentração no setor noroeste da bacia e sobre as escarpas da Mantiqueira e terraços fluviais: encontrada unicamente (devido à escala do mapa) no rio Pirapetinga quando este atravessa a bacia sedimentar de Resende e em sua margem.

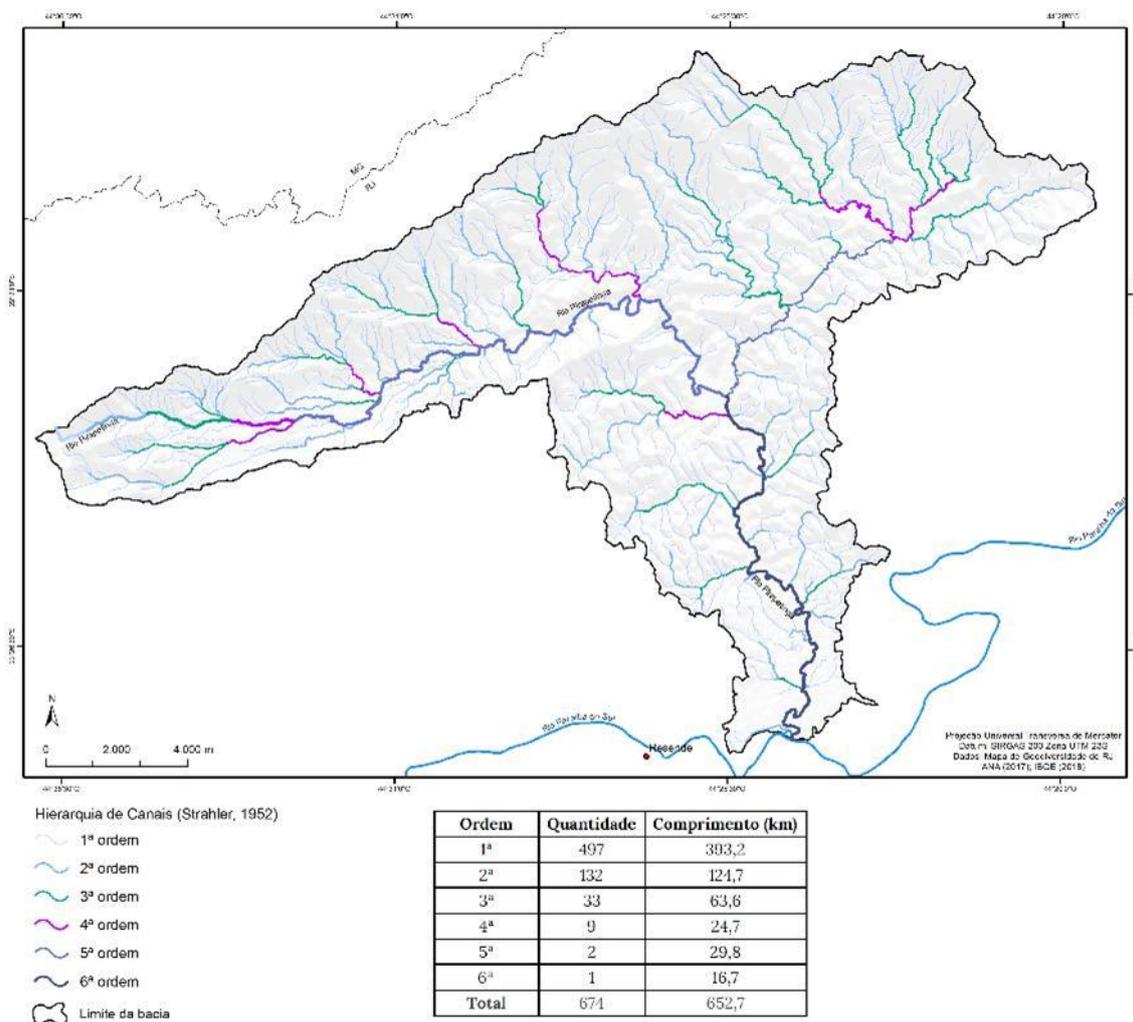
Figura 05: Mapa de unidades morfoestratigráficas da bacia do rio Pirapetinga



Fonte: CPRM, 2016; IBGE, 2018

O mapa de hierarquia de drenagem (Figura 06) mostra a bacia do rio Pirapetinga como uma bacia de sexta ordem, com grande número de canais de primeira ordem concentrados nas escarpas. Já os canais de maior ordem se concentram na parte central da depressão Interplanáltica principalmente no relevo suave ondulado. Os canais de primeira ordem assim como os de segunda ordem encontram-se encaixados sobre as escarpas da Mantiqueira e paralelos na direção NW/SE.

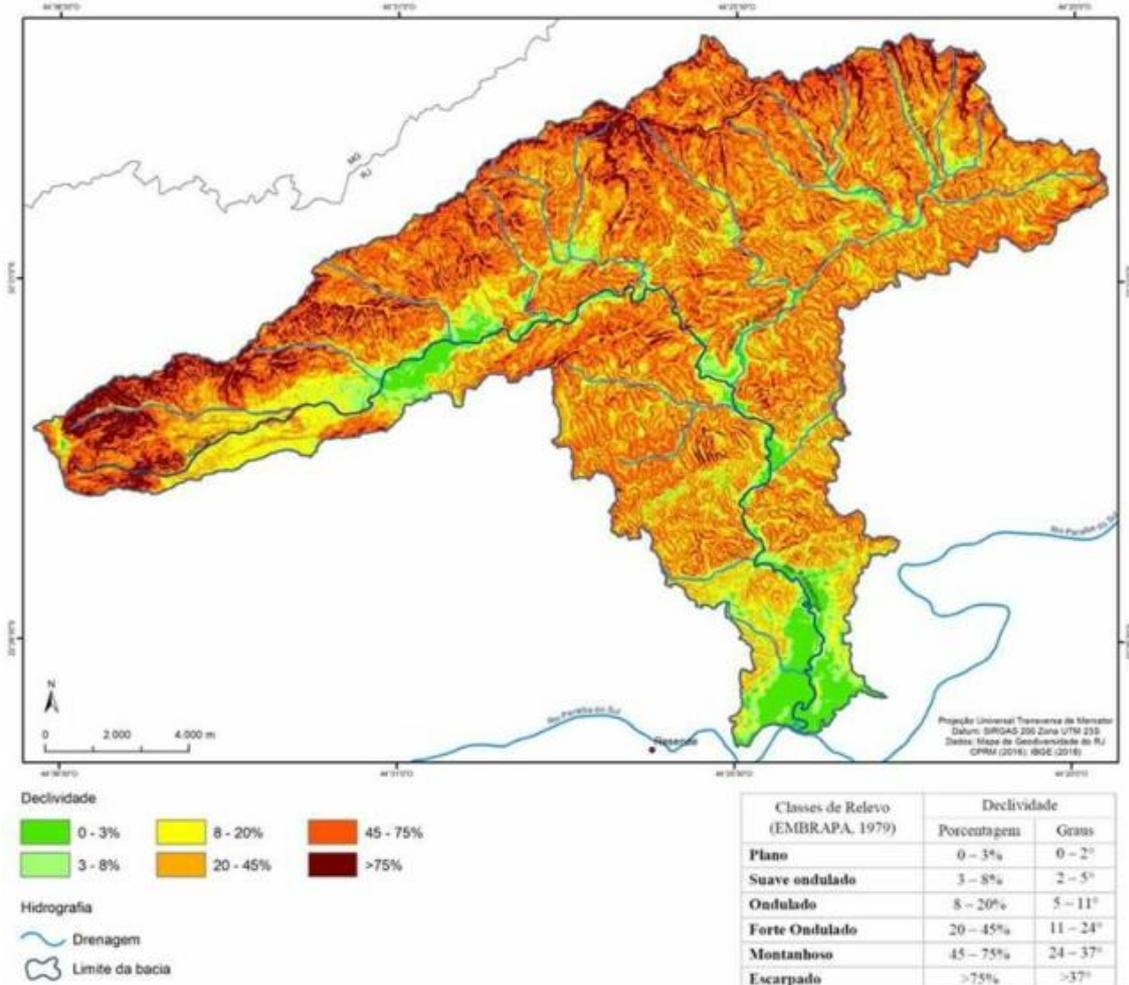
Figura 06: Mapa de hierarquia de drenagem da bacia do rio Piarpetinga



Fonte: CPRM, 2016; IBGE, 2018

O mapa de declividade (Figura 07) demonstra a enorme variação da declividade desta bacia, sendo os relevos forte ondulado e montanhoso predominantes em toda região. Declividades menores entrecortam estas unidades, ajudando a definir planícies de inundação, alvéolos, gráben e terraços, principalmente no setor nordeste da bacia e quando na unidade geomorfológica bacia sedimentar de Resende Já o relevo escarpado tem sua concentração na unidade geomorfológica Maciço do Itatiaia no extremo nordeste.

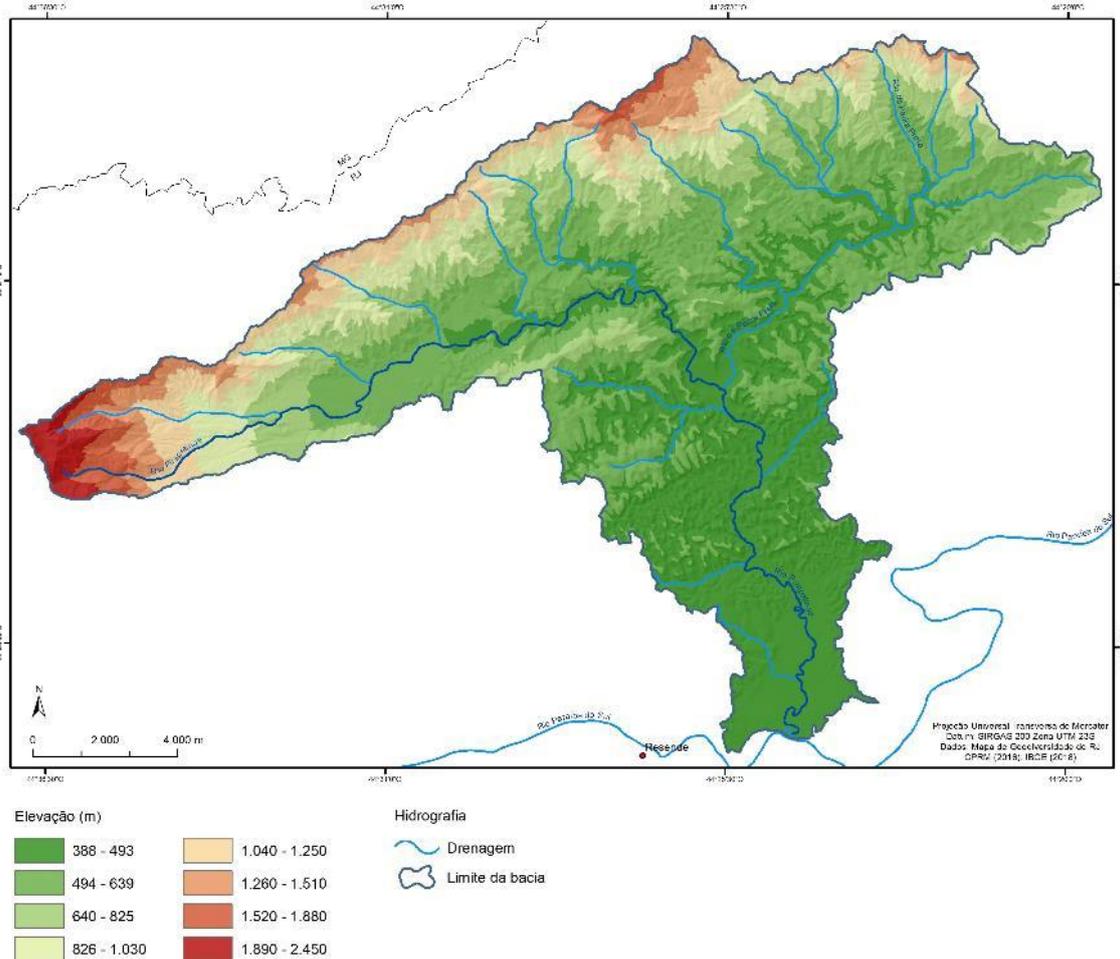
Figura 07: Mapa de declividade da bacia do rio Pirapetinga



Fonte: CPRM, 2016; IBGE, 2018

O mapa de elevação (Figura 08) mostra a área da bacia sedimentar de Resende com elevações entre 338 e 493 m na porção sul. Na região norte, o relevo decresce paulatinamente dos 1890m, nas escarpas da Mantiqueira, aos 494 m na porção mais central da bacia até encontrar a bacia sedimentar de Resende. No extremo noroeste, no Maciço do Itatiaia, encontramos as maiores elevações da bacia com seus imponentes 2.450m. Segundo Fraga et al. (2018) declividade de uma bacia hidrográfica afeta consideravelmente a velocidade do escoamento superficial, diminuindo assim a infiltração da água no solo, que, associadas à ausência de cobertura vegetal e altas intensidades de chuvas, potencializam o processo de erosão do solo e a ocorrência de enchentes. Como a área de estudos está cercada por 3 unidades de conservação a erosão ocorre em menor escala que numa área urbanizada ou desmatada.

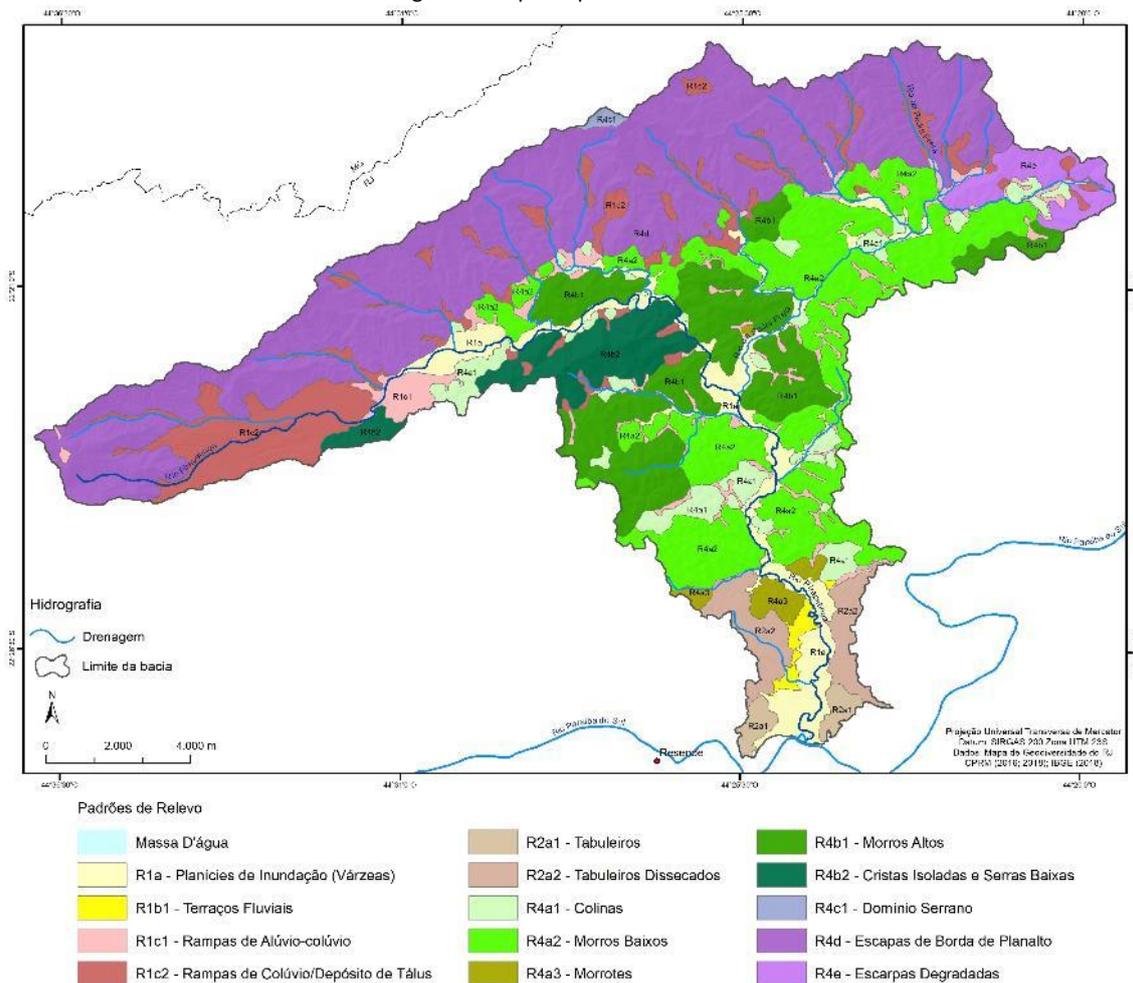
Figura 08: Mapa de elevação da bacia do rio Pirapetinga



Fonte: CPRM, 2016; IBGE, 2018

O mapa de padrões de relevo (Figura 9) mostra o predomínio do relevo escarpas de borda de planalto nas unidades geomorfológicas Maciço do Itatiaia e Escarpas da Mantiqueira, região norte da bacia. Este relevo é intercalado por pequenas rampas de colúvio/depósito de tálus. No extremo nordeste o relevo escarpas de borda de planalto dão lugar ao relevo escarpas degradadas (por erosão). A maior diversidade de tipos de relevo se encontra na unidade geomorfológica Depressão Interplanáltica com Alinhamentos serranos do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. No setor noroeste uma extensa rampa de colúvio/tálus que finaliza, bordejada por colinas e serras baixas, na planície de inundação do rio Pirapetinga. No setor nordeste da bacia uma grande área de morros baixos com pequenas inclusões de planícies de inundação, sendo que esta morfologia persiste até o contato com a bacia sedimentar de Resende cuja morfologia além da planície de inundação apresenta terraços e terraços dissecados com alguns morrotes.

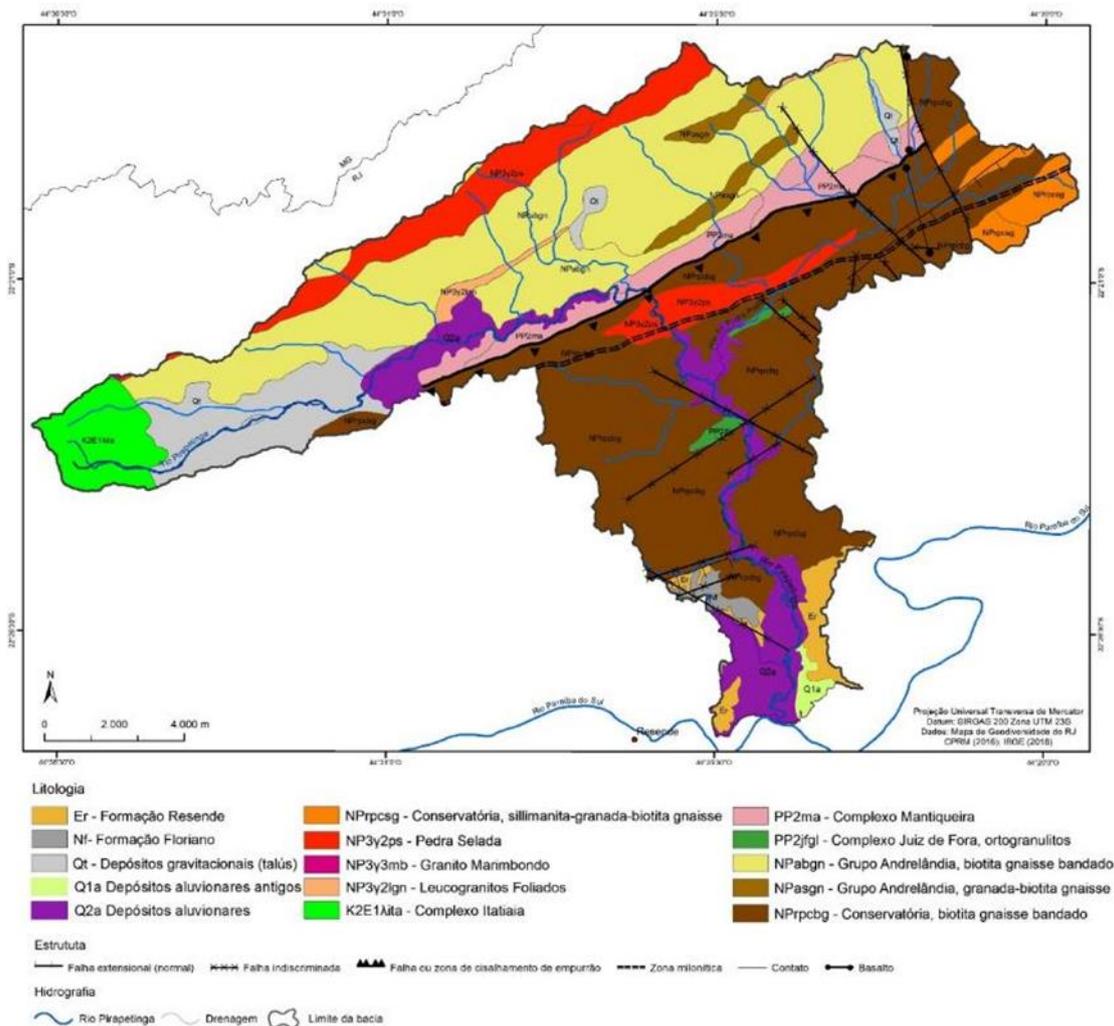
Figura 9: Mapa de padrões de relevo



Fonte: CPRM, 2016; IBGE, 2018

Muitas vezes, principalmente em áreas com atividade neotectônica, a rede de drenagem pode estar condicionada pelas estruturas e ou pela litologia. Para tal, foram criados mapas de correlações, cujo objetivo é correlacionar o papel da litologia e da estrutura no estilo da drenagem, uma vez que a drenagem, e o relevo, são muito sensíveis às variações tectônicas ou controle estrutural. O mapa (Figura 10) correlaciona estrutura, drenagem e litologia. Devido a escala de 1:50.000, correlações mais precisas ficam comprometidas, entretanto, este apresenta um nítido controle entre as rochas do Complexo da Mantiqueira e a estrutura, em toda a extensão desta unidade litológica. Este condicionamento se estende pelo curso do rio Pirapetinga até até o leste, quando a drenagem rompe os ortogranulitos do Complexo da Mantiqueira. Outro condicionamento ocorre na falha de borda da bacia sedimentar de Resende com o embasamento.

Figura 10: Mapa de litologia, drenagem e estrutura da bacia do rio Pirapetinga



Fonte: CPRM, 2016; IBGE, 2018

### Caracterização Morfométrica

Uma bacia hidrográfica torna-se uma unidade de planejamento territorial, a partir da conscientização de que a água deixou de ser um elemento natural e passou a ser um recurso renovável limitado. Por esta razão, entre outras razões, o estudo geomorfológico de uma bacia é tão importante.



Tabela 01: Parâmetros Morfométricos da Bacia do rio Pirapetinga

Características Geométricas	Área	218,43 km <sup>2</sup>
	Perímetro	114,68 km
	Número de canais de 1ª ordem	497
	Comprimento do eixo da bacia	31,55 km
	Coefficiente de compacidade	2,17
	Fator de forma	0,22
	Índice de circularidade	0,21
	Densidade hidrográfica	2,27 canais/km <sup>2</sup>
Características do Relevo	Altitude máxima	2450 m
	Altitude mínima	390 m
	Amplitude altimétrica	2420 m
	Índice de sinuosidade	2,01
	Gradiente dos canais	54,78%
	Relação de relevo	54,11 m/km
	Número de rugosidade	809,36
Características da Rede de Drenagem	Comprimento do canal principal	44,72 km
	Comprimento total dos canais	652,73 km
	Comprimento vetorial do canal principal	36,29 km
	Densidade de drenagem	2,99 km/km <sup>2</sup>
	Coefficiente de manutenção	333,64 m <sup>2</sup> /m
	Extensão média do escoamento superficial*	167,22 m
	Ordem da bacia	6

Fonte: Elaborado pelos autores

A análise dos parâmetros morfométricos (Tabela 1) caracteriza a bacia hidrográfica do rio Pirapetinga com uma área de drenagem da bacia é de 218,43 km<sup>2</sup>, com 674 canais, somando 6527 km de comprimento total dos trechos e com a densidade de drenagem 2,99 km./km<sup>2</sup>. Devido a este índice na classificação de Villela e Matos (1975), esta bacia é uma bacia rica ou bem drenada. Segundo a classificação de Wisler e Brater (1964) esta é considerada uma grande bacia, visto que sua área supera o valor de 26 km<sup>2</sup>. Calculou-se ainda o seu perímetro e o comprimento axial, os quais apresentam valores respectivamente de 114,68 km e 31,55 km.



O Coeficiente de compacidade (**Kc**) ou de Gravelius de 2,17 indica forma irregular e alongada com pouca propensão a enchentes. Já o Coeficiente de Forma ou fator de forma (**Kf**) desta bacia é de 0,22, ou seja, bacia com fator de forma baixo, logo: bacia com pouca suscetibilidade à enchente.

O Índice de circularidade, calculado pela fórmula de Cardoso et al. (2006) é de 0,21 indicando bacia alongada, quanto mais distante da unidade mais alongada a bacia. O índice de rugosidade da bacia do rio Pirapetinga é de 809,36, ou seja, extremamente alto: valores extremamente altos do número de rugosidade indicam que tanto a densidade de drenagem quanto a variação de altitude são altas em uma bacia, o que significa dizer que as vertentes, além de possuir uma declividade alta, são longas.

A bacia do rio Pirapetinga possui uma área de 218,43 km<sup>2</sup>, logo segundo Wisler e Brater (1964), esta bacia seria uma grande bacia.

Para as bacias geográficas maiores como é o caso desta bacia, as principais estruturas geológicas, dobras e cadeias de montanhas são os fatores preponderantes da posição das linhas divisórias de água das nascentes, segundo Wisler e Brater (1964).

Os mapas de declividade, elevação e padrões do relevo ajudam a entender a intensidade de escoamento, devido à influência que exerce na vegetação, tipos de solo, clima e na rede de drenagem (DUARTE et al., 2007) e tempo de concentração. A bacia do rio Pirapetinga possui forma alongada e irregular, com pouca propensão para enchentes devido ao relevo fortemente ondulado a relevo escarpado, em mais de 80% de sua área. As altitudes da bacia variam de 388 a 2.450 m (Figura 08). O que corresponde a uma amplitude hipsométrica de 2.062 m, influenciando, graças a esta amplitude e os padrões de relevo a distribuição da precipitação e intensidade do escoamento.

Duarte et al. (2007) remarcam que quanto maior for a uniformidade da altitude melhor será o aproveitamento da bacia para a agricultura. Na bacia do rio Pirapetinga as classes de relevo dominante são escarpas de borda de planalto, escarpas degradadas e morros altos, restringindo as atividades produtivas às áreas dos gráben do Pirapetinga, alvéolos e na área da bacia sedimentar de Resende (LEITE, 2021), ou seja em suas áreas mais planas entre as cotas entre 386 e 493 m.

O Coeficiente de compacidade (**Kc**) ou de Gravelius de 2,17 indica forma irregular e alongada com pouca propensão a enchentes. Já o Coeficiente de Forma ou fator de forma (**Kf**) desta bacia é de 0,22, ou seja, bacia com fator de forma baixo, logo: bacia com pouca suscetibilidade à enchente.

### Assimetria da bacia

O Fator de Simetria Topográfica Transversa (FSTT) desta bacia indica simetria no trecho (Figura 11) a montante, já o médio e baixo curso os valores se aproximam de 1 logo, mostrando assimetria nestes trechos.

Figura 11. Mapa com os pontos do cálculo do FSTT

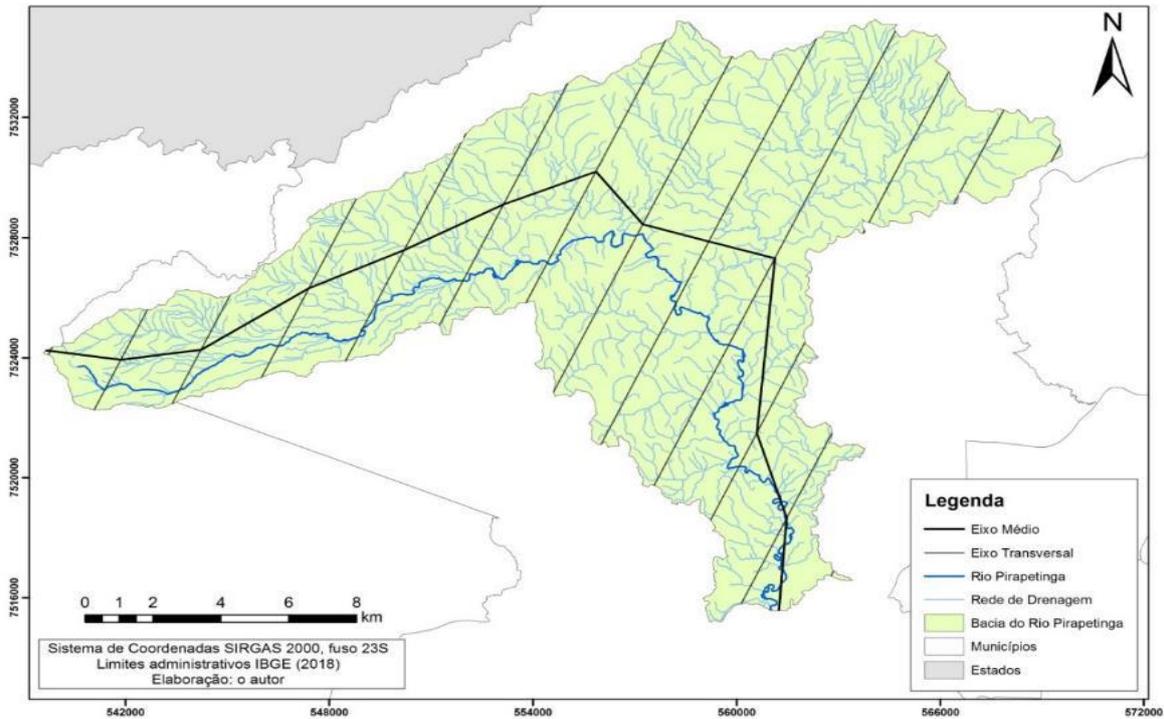


Figura 12: Gráfico com os valores do FSTT





Tabela 02. Fator Assimetria de Bacia de Drenagem das margens direita e esquerda do rio Pirapitinga.

FABD Margem direita		FABD Margem esquerda	
Área à direita (km <sup>2</sup> )	58,67	Área à Esquerda (km <sup>2</sup> )	160,70
Área total da Bacia (km <sup>2</sup> )	218,43	Área total da Bacia (km <sup>2</sup> )	218,43
Fator de Assimetria	26,86	Fator de Assimetria	73,57

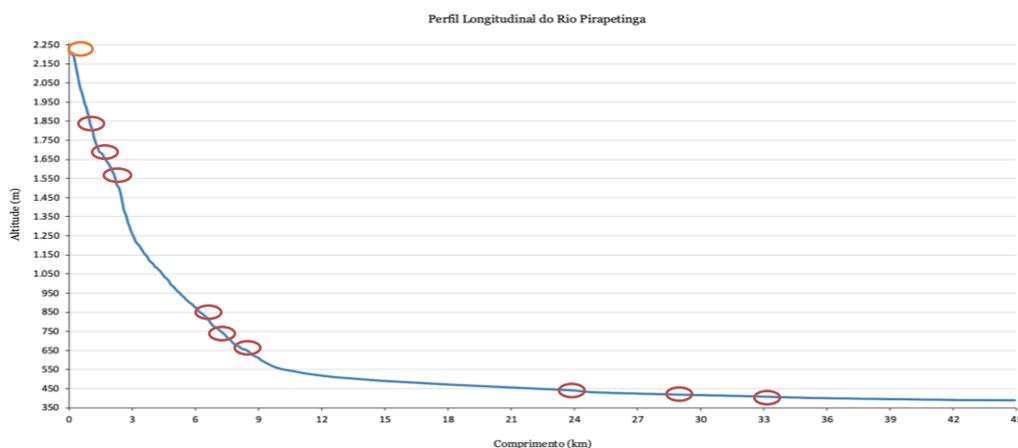
Fonte: Elaborado pelos autores

A margem esquerda (Figura 12 e Tabela 02) apresenta um valor de FABD de 73,57 indicando um basculamento desta margem. Já o valor correspondente á margem direita é de 26,86, como este valor é inferior a 50, não indica atividade neotectônica nesta margem.

### Perfil Longitudinal

A figura 13 representa o perfil longitudinal do rio Pirapitinga com os níveis de base locais marcados.

Figura 13: Perfil Longitudinal do rio Pirapetinga com os níveis de bases delimitados.



Fonte: Elaborado pelos autores

O perfil longitudinal do rio Pirapetinga (Figura 15) pode ser dividido em três seções: as anomalias que ocorrem no Complexo Itatiaia (Unidade Geomorfológica Maciço do Itatiaia) estão ligadas à grande diferença altimétrica, a litologia e ao intemperismo. As anomalias nos depósitos gravitacionais do sopé do maciço do Itatiaia, pela definição da CPRM, estão ligadas ao tipo de depósito, enorme leque aluvial de tálus. A terceira anomalia encontra-se no granito Pedra Selada, no local onde o rio Pirapetinga rompe o controle estrutural e litológico.

### Relação Declividade Elevação – RDE

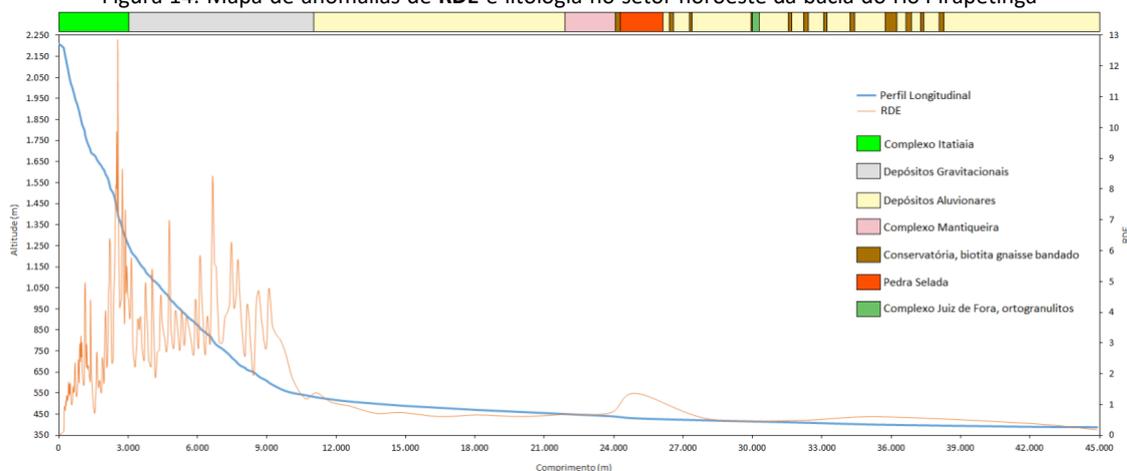
Como o perfil longitudinal apresenta anomalias no setor nordeste da bacia do rio Pirapetinga (Figura 15) calculou-se então, o **RDE** real desta área (Figura 14 e Quadro 03). Esta área (LEITE, 2021) apresenta trechos com anomalias de segunda ordem. Estando concentradas nas unidades litológicas do Complexo Itatiaia e nos Depósitos Gravitacionais, seguindo nomenclatura da CPRM.

Quadro 03: Cálculo do RDE na área de estudo para a bacia hidrográfica do rio Pirapetinga, Resende, RJ

Cálculo do RDE – Área de Estudo			
	Início do Rio Pirapetinga até o fim do Leque proximal	Leque Medial até o fim da Área de Estudo	Fim da área de estudo até a fiz do rio Pirapetinga
Cota do Primeiro Ponto (m)	2210	540	440
Cota do segundo ponto (m)	540	440	382
Diferença (m)	1670	100	58
Distância horizontal projetada entre os pontos (m)	8.475,59	8.801,76	12.445,89
Comprimento do trecho do rio (m)	10.699,14	13.183,78	21.184,03
	2108,12	149,78	98,72

Fonte: Leite, 2021

Figura 14: Mapa de anomalias de RDE e litologia no setor noroeste da bacia do rio Pirapetinga

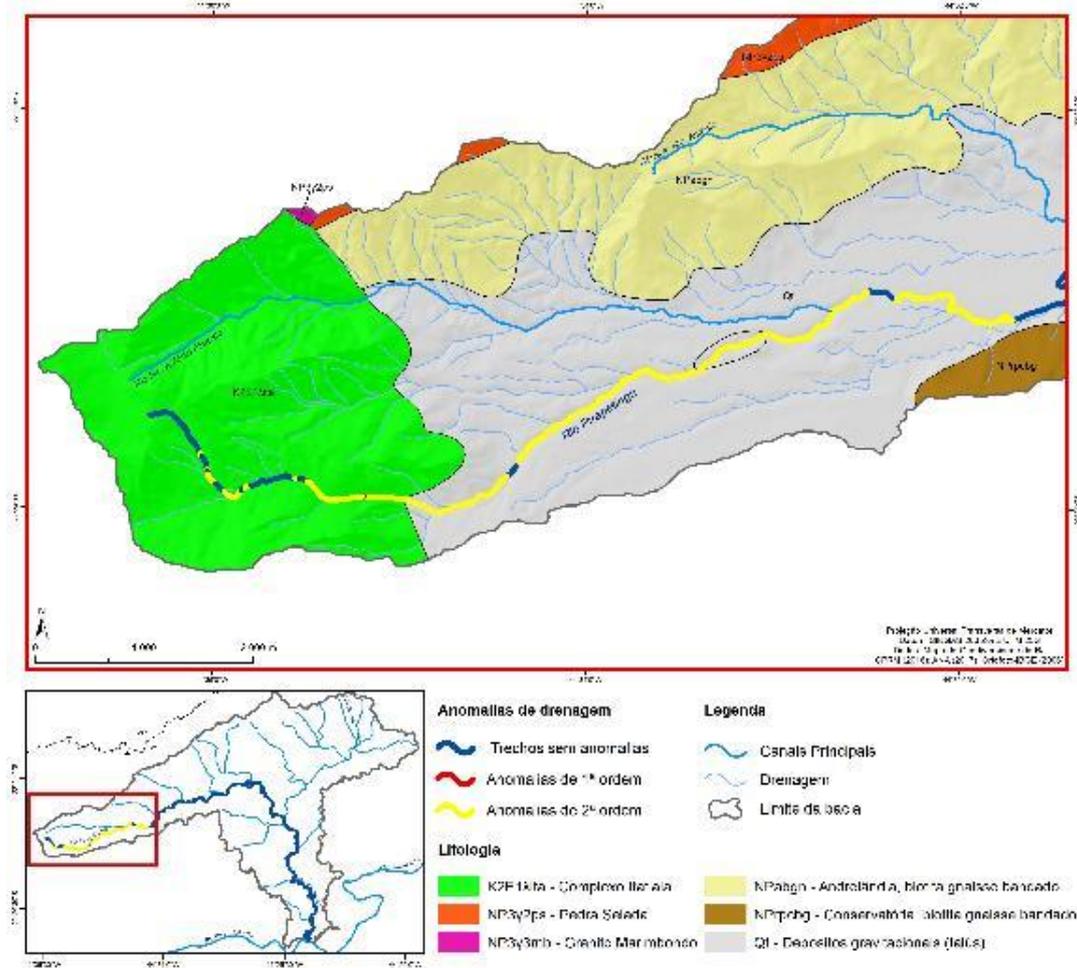


Fonte: Leite, 2021

Este setor noroeste (LEITE, 2021) foi dividida em 2 trechos para o cálculo do RDE real: o primeiro trecho indo das cabeceiras do rio Pirapetinga até o fim do depósito gravitacional e o segundo trecho

deste depósito até o limite leste da área (Figuras 14 e 15). O primeiro trecho apresentou **RDE** real no valor de 21,35 (**RDE** trecho / **RDE** total). O segundo trecho apresentou valor do **RDE** real de 1,52 (**RDE** trecho / **RDE** total). Como indicado pelos cálculos acima, o setor noroeste apresenta fortíssima evidência de atividade neotectônica, principalmente no primeiro trecho (valor de **RDE** real menor ou igual a 1 indica rara ou nenhuma atividade tectônica).

Figura 15. Perfil longitudinal do rio Pirapetinga, anomalias e correlação com a litologia



Fonte: Leite, 2021



## CONCLUSÃO

As características morfométricas analisadas auxiliam na compreensão dos processos endógenos e exógenos que atuam na esculturação e evolução do relevo assim como, para o gestor ambiental uma melhor interpretação da influência das características fisiográficas da região no seu comportamento hidrológico. Grande parte destes parâmetros calculados e analisados pode ser observada facilmente no campo, por exemplo: sua grande rugosidade é devido principalmente às vertiginosas escarpas da Mantiqueira, situadas no Parque Estadual da Pedra Selada e sua grande variação hipsométrica é devida ao rio Pirapetinga nascer no Parque Nacional do Itatiaia com altitude aproximada de 2450m e ter sua foz a aproximadamente 400m no tabuleiro da bacia sedimentar de Resende.

Os cursos d'água são sempre sensíveis a qualquer processo tectônico, ou melhor, neotectônico, modificando suas características morfométricas para atingir um novo equilíbrio - um novo equilíbrio dinâmico. Por esta razão, mesmo sendo pouco utilizada em trabalhos de geológica a análise dos parâmetros morfométricos é uma boa ferramenta para os estudos neotectônicos. O perfil longitudinal, o RDE real, os fatores de assimetria FSTT e FARD, sua forma em Tê e o tipo da drenagem demonstram este forte condicionamento neotectônico ainda atuante nesta bacia. Este condicionamento neotectônico imprime no relevo feições que podem ser admiradas no campo, como por exemplo: as facetas triangulares e a assimetria dos vales com trechos retilíneos deslocados contra uma margem, indicando falhas ainda ativas principalmente no seu setor noroeste. Estas feições e o basculamento da margem esquerda coincidem como trend regional e reativações as neotectônicas estudadas e descritas na bacia sedimentar de Resende.

Suas características morfométrica nos permite classificar a bacia do rio Pirapetinga como uma grande bacia de sexta ordem, rica e bem drenada. Esta bacia apresenta uma forma irregular e alongada pouco propensa a enchentes, com grande rugosidade e grande amplitude hipsométrica, sofrendo um basculamento em sua margem esquerda.

## REFERÊNCIAS

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Brasília. **Ortomosaicos da Bacia do rio Paraíba do Sul**, escala de 1:25.000, 2017.
- BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C.; DILLENBURG, S.R.; TOMAZELLI, L.J. Preservation potential of foredunes in the stratigraphic record. **Journal of Coastal Research**, v.65 (SI), p. 1265-1270, 2013.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990.
- CARDOSO, C.A.; DIAS, H.T.C.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Árvore**, v.30, n.2, p. 241-248, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1981, 297p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.



- COX, R.T. Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. **Geol. Soc. Am. Bull.**, v. 106, p. 571-581, 1994.
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. **Mapa da Geodiversidade do Rio de Janeiro**. Brasília. Escala 1:25.000, 2016.
- DANTAS, M.E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, CPRM.75p., 2000 [www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/.../Projeto-Rio-de-Janeiro-3498.html](http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/.../Projeto-Rio-de-Janeiro-3498.html),
- DANTAS, M.E.; ESTRELLA, L.G.; SHINZATO, E. **Carta de padrões de relevos**. Brasília, CPRM, 2016. [www.igeo.cprm.gov.br](http://www.igeo.cprm.gov.br).
- DUARTE, C.C.; GALVÍNIO, J.D.; CORRÊA, A.C.B.; ARAÚJO, M.S.B.. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá – PE. **Revista de Geografia**, UFPE, v. 24, n. 2, p. 50-64, 2007.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Brasília (DF) 1979 . **Manual Técnico**.  
EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Brasília (DF) 2006 : **Manual Técnico**.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Detection of neotectonic deformations along the Rio do Peixe Valley, western São Paulo state, Brazil, based on the distribution of late quaternary allunits. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.6, n. 1, p. 109-114, 2005.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. Brasília (DF). **Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro**, folhas Itatiaia-NE (1969), Itatiaia-SE (1968), Pedra Selada (1981) e Resende (1990), escala 1:25.000. Acesso em : janeiro de 2019.
- FRAGA, M. de S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; DA SILVA, D. P.; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio CATOLÉ GRANDE, Bahia, Brasil, 2014. **Nativa**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 214-218, 2018. DOI: 10.31413/nativa.v2i4.1785. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1785>. Acesso em: 8 dez. 2022.
- GRAVELIUS, H. **Morphometry of Drainage Basins**. Amsterdam: Elsevier, 1914.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . Brasília (DF). **Mapa da Geodiversidade do Rio de Janeiro**, escala 1:25.000, 2018.
- HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **J. Res. Geol. Survey**, 429p. 1973
- HARE P.W.; GARDNER I.W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: Morisawa M & Hack J.T (eds.), 1973 Tectonic Geomorphology. Proceedings 15<sup>th</sup> Annual Binghamton Geomorphology Simp. 1984
- HEILBRON M.; PEDROSA-SOARES A.C.; CAMPOS NETO M.; SILVA L.C.; TROWN R.A.J., JANASI V.C. 2004. A Província Mantiqueira: In Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito Neves B.B. (Eds). **O Desvendar de um continente: a moderna geologia da América do Sul e o legado da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, p.:203-234, 2004.
- HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H de; SILVA, L.G.E.; PALERMO, a N.; TUPIMAMBÁ, M.; DUARTE B.P.; VALLADARES, C.; RAMOS, R.R.C., SANSON, M.S.R.; GUEDES E., GONTIJO A.; NOGUEIRA; J.R., VALERIANO, C., RIBEIRO, A.; RAGATKY, C.D.; MIRANDA, A; SÁNCHEZ, L.; MELLO, C.L.; ROIG, H.L.; DIOS, F.B.; FERNÁNDEZ, G.; NEVES, A.; GUIMARÃES, P.; DOURADO, F.; LACERDA, V.G. CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. Brasília (DF). **Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro** em parceria com a UERJ, apresentadas em escala 1:250.000 e 1:50.000, respectivamente., 2016.
- HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. **American Geophysics Union Transactions**, v.13, p. 350- 361, 1932.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v.56, n. 3, p. 275- 370, 1945.
- LEITE, R.V. **Morfoestratigrafia e morfotectônica do setor noroeste da bacia do rio Pirapetinga, Resende – RJ** . 2021. 150p. Dissertação de Mestrado – Museu Nacional, UFRJ, Rio de Janeiro.
- LINSLEY, R.K Jr.; KOHLER, M.A.; PAULHUS, J.L.H. 1975. **Hydrology for engineers**. McGraw-Hill Series In Water Resources and Environmental Engineering, 2nd ed. New York, 508 p.



- MELO, A.G; GOLDFARB, M. C. Contribuição para modelagem de perfil longitudinal: Bacia do Rio Una (PE). In: **Congresso de Matemática Aplicada e Computacional**, Natal (RN), 2012.
- NEGRÃO, A.P.; MELLO, C.L.; RAMOS, R.R.C; SANSON, M.S.R; LOURO, V.H.A; BAULI, P.G. Tectonosedimentary evolution of the Resende and Volta Redonda basins (Cenozoic, Central Segment of the Continental Rift of Southeastern Brasil). **Journal of South American Earth Sciences**, v.104, n. 2020, p. 102789, 2020.
- RAMOS, R.R.C., Mello C.L.; SANSON, M.S.R. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia de Resende. Aracaju, **Fundação Paleontológica Phoenix**, v. 76: 6p, 2005.
- ROSA, P.A.S.; RUBERTI, E. Nepheline syenites to syenites and granitic rocks of the Itatiaia Alkaline Massif, Southeastern Brazil: new geological insights into a migratory ring Complex. **Brazilian Journal of Geology**, v. 48, n.2, p. 347-372, 2018.
- SILVA, T.M.; PAES, T.V. Parâmetros morfométricos aplicados à análise tectono- erosiva em bacias de drenagem. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 33, e, 37684, 2018. <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/37684> .
- SUMMERFIELD, M.A. **Global Geomorphology**. New York: John Wiley e Sons, 1991.
- STRAHLER, A.N. Dynamic basis of geomorphology. **GSA Bulletin**, v.63, n. 9, p. 923– 938, 1952. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[923:DBOG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[923:DBOG]2.0.CO;2) .
- TONELLO, K.C.. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005, 85p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, UFV, Viçosa,
- VALÉZIO, É. V. **Equilíbrio em Geomorfologia: Geossistemas, planície de inundação e morfodinâmica dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu (SP)**, 2016. 112p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências – UNICAMP. Campinas,.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill, 1975.
- WISLER, C.D.; BRATER, E.F. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Livro Técnico. 484 p, 1964.