



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS DE DRENAGEM NO RIO MACABU (RJ) PARTIR DA ANÁLISE DO PERFIL LONGITUDINAL E APLICAÇÃO DO ÍNDICE SL

Isabela Belmira Santos Giarola^(a), Mônica dos Santos Marçal^(b), Camila Ignez
Santana^(c)

^(a) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, isagirola@ufrj.br

^(b) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, monicamarcal@ufrj.br

^(c) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, camilaignez@ufrj.br

Eixo: Dinâmica e gestão de bacias hidrográficas

Resumo

O presente artigo objetivou investigar as características do rio Macabu (RJ) através da identificação de anomalias de drenagem a partir da análise de perfil longitudinal e aplicação do Índice SL. Como resultado foram identificadas setenta e nove anomalias, dezenove de 1ª ordem e sessenta de 2ª ordem, sendo estas associadas ao controle morfoestrutural e morfotectônico existentes na região, vários valores anômalos refletem segmentos do rio com alta energia devido a localidade está em domínio de Escarpas Serranas (Serra do Mar). Algumas anomalias, muitas das vezes, estão associadas a falhas e fraturas reativadas, que redirecionam o rio.

Palavras chave: Anomalias; Índice SL; Perfil Longitudinal; Geomorfologia.

1. Introdução

Nas últimas décadas houve um gradual aumento no número de pesquisas no que tange a análise morfoestrutural da rede de drenagem elucidando a evolução geomorfológica de paisagens. Para compreender a dinâmica geomorfológica e hidrológica de uma bacia hidrográfica, vários estudos utilizam a morfometria para ilustrar as várias questões relacionadas



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et al., 2007), representando um avanço para a compreensão do modelado do relevo (CHEREM, 2008). Esses estudos se expressaram numerosamente devido ao fato dos cursos d'água serem sensíveis e assim responderem a mudanças/alterações crustais ocorridas em um sistema, podendo essas serem de ordem climática, tectônica ou antrópica (LIMA et al., 2010).

Assim, foram desenvolvidos alguns métodos de análise da rede de drenagem e um deles é o Índice SL (Slope vs. Length) ou Stream-Gradient Index, proposto por Hack (1973) e conhecido na literatura internacional por ser utilizado para detectar possíveis deformações tectônicas (COUTO; FORTES; FERREIRA, 2014). Na literatura brasileira foi denominado de RDE (Índice Relação Declividade x Extensão) por Etchebehere (2000) ao aplica-lo na bacia hidrográfica do rio do Peixe – SP. O método baseia-se na detecção de alterações no perfil longitudinal de cursos d'água (identificação de setores anômalos), mudanças de níveis de base e diferentes resistências à erosão hidráulica do substrato rochoso e atividade tectônica (RUBIRA; PEREZ FILHO, 2017).

Segundo Fujita et al., (2011) as anomalias de 2ª ordem estão associadas às mudanças litológicas, lineamentos do relevo e confluência de rios, e as de 1ª ordem às diferenças na resistência litológica, controle estrutural, e possível atividade tectônica.

Com a premissa de investigar as características morfométricas do rio do Macabu, buscou-se correlacionar dados obtidos a partir de perfis longitudinais e do Índice SL para identificação de áreas anômalas do rio supracitado, com o intuito de contribuir para o entendimento de sua dinâmica hidrológica e geomorfológica.

A bacia hidrográfica do rio Macabu (BHRM) está inserida na porção norte do estado do Rio de Janeiro e configura-se como uma bacia tributária, na região hidrográfica IX, do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. Possui uma área de cerca de 1113 km², abrangendo parte dos municípios de Campos dos Goytacazes, Carapebus, Conceição de Macabu, Macaé, Quissamã,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Santa Maria Madalena e Trajano de Morais (Figura 1). A bacia hidrográfica situa-se entre a Região Serrana e a Região Norte Fluminense.

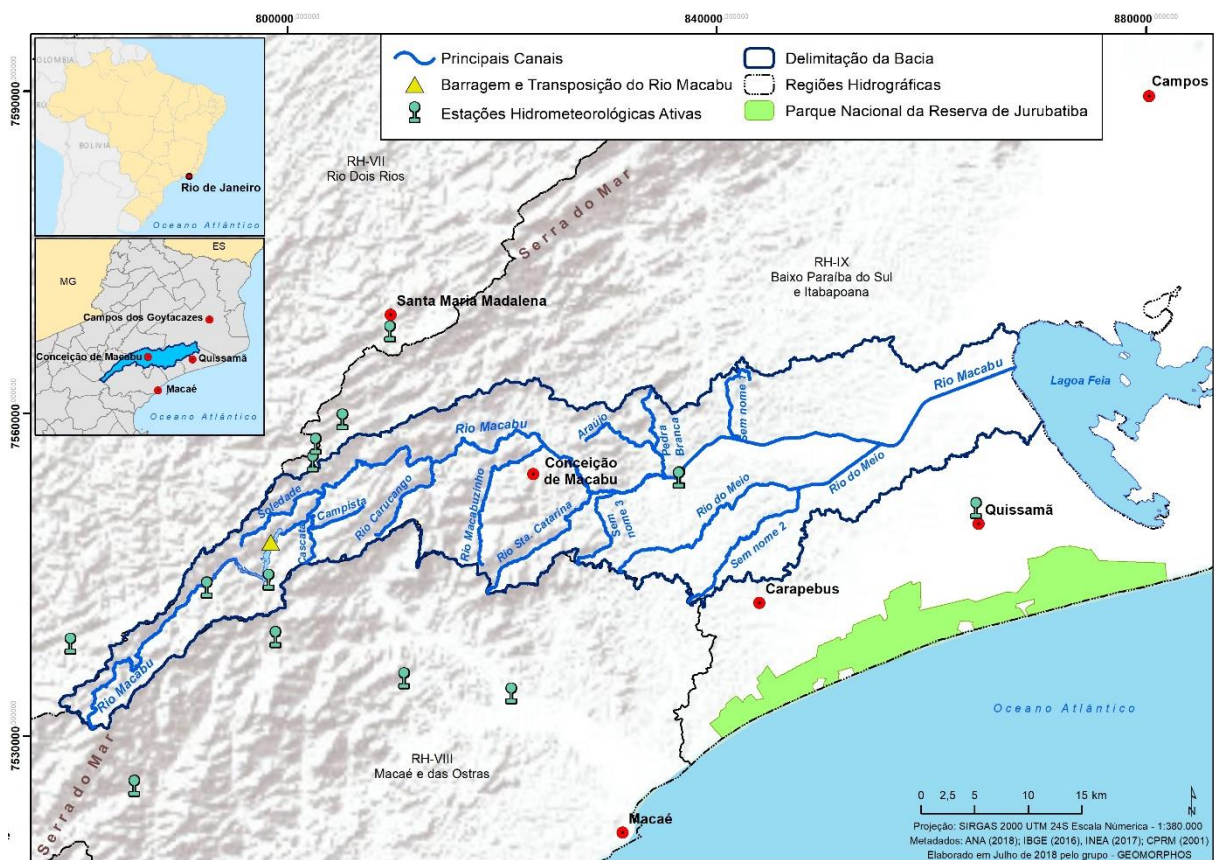


Figura 1– Localização da bacia hidrográfica do rio Macabu (RJ).

Fonte – Elaboração Grupo de Pesquisa GEOMORPHOS/ UFRJ (2018).

O seu rio principal, o Macabu, é de sexta ordem de acordo com a hierarquia fluvial de Strahler (1954) e o percurso se dá no sentido sudoeste-leste, onde percorre 138 quilômetros. A nascente está localizada na Serra de Macaé de Cima a 1.570 metros de altitude e foz na Lagoa Feia.

2. Materiais e Métodos

2.1 Procedimentos Metodológicos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Para a aplicação do índice RDE elegeu-se o rio principal, Macabu, da BHRM. Foi gerada uma planilha no software Microsoft Excel 2016 com os valores das curvas de nível que cortam o canal fluvial da nascente até a foz. Posteriormente, através do cálculo manual da régua do software ArcGis 10.1, foi calculada a extensão de cada trecho do canal cortado por uma curva de nível.

Para calcular o RDE trecho foi utilizada a seguinte equação:

$$RDE = (\Delta H / \Delta L) \cdot L$$

Onde: ΔH = diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um seguimento ao longo do curso d'água (10 metros); ΔL = projeção horizontal da extensão do referido segmento; L = comprimento total do curso d'água a montante do ponto para o qual o índice está sendo calculado.

Os resultados obtidos de cada trecho foram colocados em relação ao RDE total de cada curso d'água, pela equação:

$$RDE_{total} = \Delta H / \log L$$

E posteriormente foi calculado o RDE trecho e RDE total, dividindo-se o resultado do RDE trecho pelo resultado do RDE total. As anomalias foram classificadas a partir de parâmetro estabelecido por Seeber e Gornitz (1983), nas quais valores de RDE abaixo de dois indicam a inexistência de anomalias; valores encontrados entre dois e dez indicam anomalias de segunda ordem, e valores acima de dez anomalias de primeira ordem.

De acordo com Christofolletti (1981), o perfil longitudinal de um rio é dado a partir da relação entre as altitudes máxima e mínima com seu comprimento desde a nascente até a foz, podendo revelar sua declividade ao longo do canal fluvial, além disso, perfil longitudinal é uma forma esculpida pela morfogênese fluvial, sendo um resultado da interação entre a litologia, a incisão dos canais fluviais e as trocas de nível de base. Assim, foi realizada a delimitação do perfil longitudinal dos canais principais da BHRM através da ferramenta *Interpolate Shape* do



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

software ArcGIS 10.1. Foi obtido manualmente através da coleta do comprimento das distâncias entre as cotas de curvas de nível no software ArcGIS 10.1. Os dados foram aplicados no software Excel 2016 para a construção do gráfico. A esse perfil, adicionaram-se as informações das anomalias e alto, médio e baixo curso do canal através uso do software *Corel Draw* 2018.

2.2 Contexto Geológico e Geomorfológico Regional

O Estado do Rio de Janeiro está incorporado em quase toda a sua totalidade no Cinturão Móvel Ribeira, que corresponde a unidade geotectônica com rochas proterozoicas deformadas e metamorfizadas durante a orogênese brasileira a 720-590 Ma (MARÇAL et al., 2015). Esse Cinturão Móvel Ribeira (Faixa Ribeira) é responsável por sustentar a Serra do Mar, que é considerada uma das principais feições de relevo do Estado do Rio de Janeiro (HEILBRON et al., 2004).

No contexto da BHRM, as formações geológicas são compostas principalmente por rochas metassedimentares da unidade São Fidélis, rochas metabásicas da unidade Trajano de Moraes e migmatitos da unidade Crubixais. Além dessas rochas de origem pré-cambriana, também ocorrem rochas ígneas mais jovens como a referente ao Granito Sana. E, ainda, há a presença de sedimentos de origem terciária relacionados a Formação Barreiras (SILVA; CUNHA, 2001).

No que tange ao contexto geomorfológico, Silva (2002) definiu os Domínios Morfoestruturais para o Estado do Rio de Janeiro, que variam de acordo com o desnivelamento altimétrico. Nesse aspecto a BHRM está inserida no Domínio Morfoestrutural do Planalto Atlântico, enquadrado pela região morfoestrutural Planalto e Escarpas da Serra dos Órgãos, no Domínio Morfoestrutural das Depressões Tectônicas Cenozóicas, representado pelas regiões morfoestruturais Colinas e Morros do Leste do Estado do Rio de Janeiro e Tabuleiros Costeiros; a unidade de Terraços e Planícies Fluviais, que é associada à região morfoestrutural Planalto e Escarpas da Serra dos Órgãos; e a unidade de Terraços e Planícies Fluviais e/ou Flúvio-



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

marinhas que está relacionada à região morfoestrutural Colinas e Morros do Leste do Estado do Rio de Janeiro.

O alto curso da BHRM drena a zona montanhosa marcada pelas vertentes íngremes, vales aprofundados, picos elevados e paredões rochosos das escarpas serranas e dos planaltos alçados da Região Serrana, na zona montanhosa apresenta desnivelamentos expressivamente elevados, alguns superiores a 1.500 metros (Figura 2). A distribuição espacial da compartimentação do relevo possibilita a ocorrência de diferentes feições fluviais, exerce controle regional no sistema fluvial e influência sobre um controle primário que é a característica do vale.

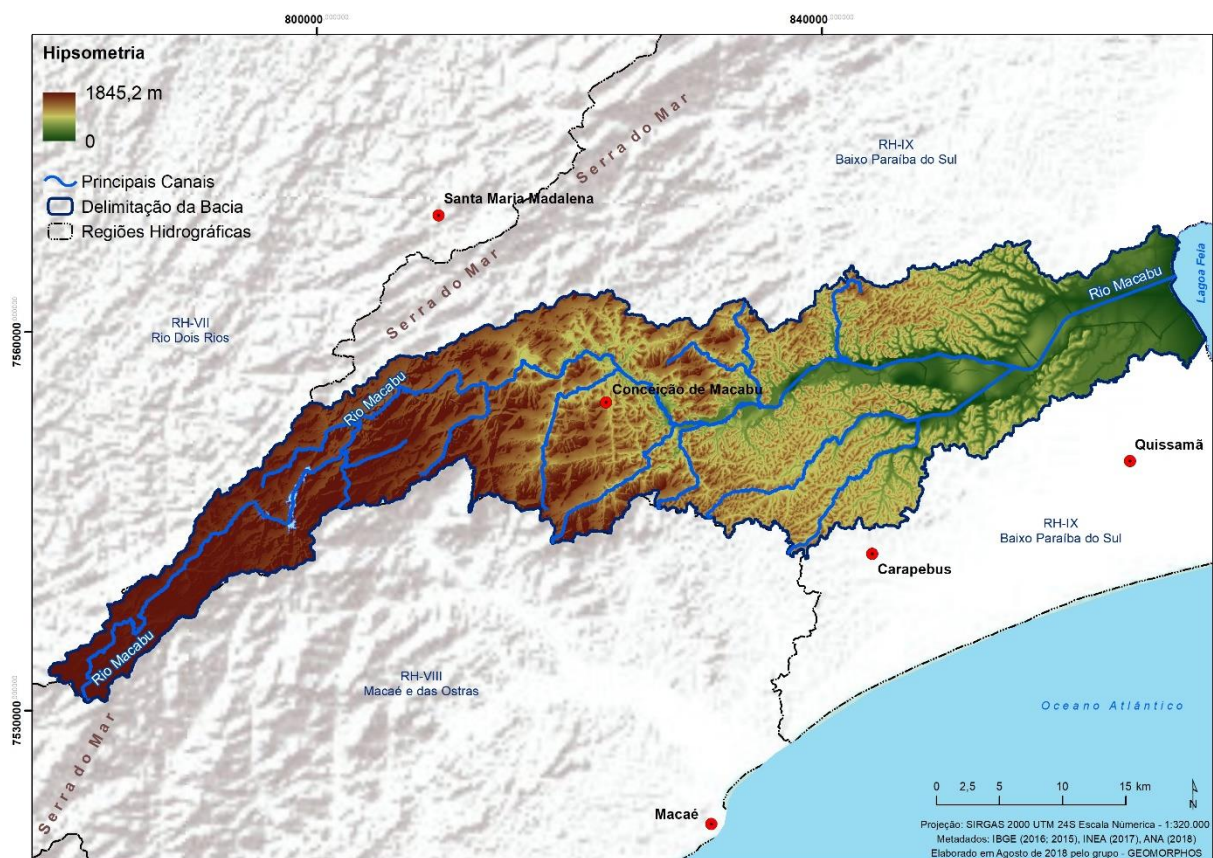


Figura 2 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Macabú (RJ).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Fonte – Elaborado pelo Grupo de Pesquisa GEOMORPHOS/UFRJ (2018).

3. Resultados e Discussões

Foram encontradas 79 anomalias no alto e médio curso do rio Macabu, sendo sessenta anomalias de 2ª ordem e dezenove de 1ª ordem. Na altitude de 1200 metros foi encontrada a primeira anomalia, sendo esta de 2ª ordem. Ela está sob a unidade geológica São Fidelis (definida por Silva; Cunha, 2001) pertencente ao Complexo Paraíba do Sul. No local onde foi identificada essa anomalia o rio encontra-se encaixado e há uma ruptura de declive.

Outras duas anomalias de 2ª ordem foram identificadas nas altitudes de 1.080m e 1.070m, pontos onde o rio está encaixado, há mudança litológica da unidade Rio Negro para a unidade São Fidelis, além da presença de três tipos de falha cortando o rio: uma falha ou fratura, falha ou fratura aproximada e falha ou fratura encoberta, fatores estes que corroboram para a ocorrência de tais anomalias de drenagem. No trecho mais adiante, nas altitudes 1.030m e 1.020m mais duas anomalias de 2ª ordem foram identificadas, estando novamente em área de mudança de litologia, da Rio Negro para a unidade São Fidelis, estando sob uma falha ou fratura. Mais quatro anomalias de 2ª ordem encontram-se nas altitudes 950m, 920m, 910m e 900m, sendo estas encontradas, novamente, no contato de mudança litológica das unidades acima citadas e sob fratura ou falha. Nessa área o rio encontra-se encaixado em Escarpas Serranas, indicando forte controle estrutural.

Mais quatro anomalias de 2ª ordem estão alinhadas em um trecho encaixado e sob mudança de litologia da unidade Rio Negro para a unidade São Fidelis, as anomalias estão inseridas nas Escarpas Serranas com forte controle estrutural. Seguindo o curso do rio Macabu é encontrada uma linha de anomalias de drenagem que vão de 860m a 700m de altitude, dessas 13 anomalias 1 é de 1ª ordem (cota 740) que está sob uma falha ou fratura, essa anomalia indica controle estrutural, atividade tectônica ou diferenças na resistência litológica. As outras 12 são de 2ª ordem e indicam mudança de litologia nesse local da unidade Rio Negro para a unidade São Fidelis. Nesse trecho o rio encontra-se encaixado e tem-se a confluência com canais



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

contribuintes do rio Macabu. Posteriormente, uma anomalia de 2ª ordem foi encontrada na altitude de 680m justamente no contado de mudança litológica da unidade Rio Negro para Granito Sana, além de estar sob uma falha ou fratura.

Um as seqüências de 4 anomalias de 1ª ordem foram identificadas nas altitudes 660, 650, 640 e 630m, e estão inseridas após represa que foi feita com a construção da barragem pela antiga Companhia de Eletricidade Fluminense e pela a transposição do rio Macabu para a bacia vizinha, a Bacia do rio Macaé ambos entre 1949 e 1952.

Outras anomalias de 2ª ordem estão espalhadas pelo médio curso do rio Macabu e indicam mudança de litologia, lineamentos do relevo ou confluências de rios e as de 1ª diferenças na resistência litológica, controle estrutural ou atividade tectônica.

Há diversos trechos do rio que estão em zonas de encaixamento podendo indicar um bloco em subsidência. Observa-se mudanças abruptas da linha do perfil longitudinal (Figura 3) em diversos pontos, indicando relação com deformações morfotectônicas que geraram desníveis altimétricos e mudanças no nível de base levando ao rio se reajustar.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

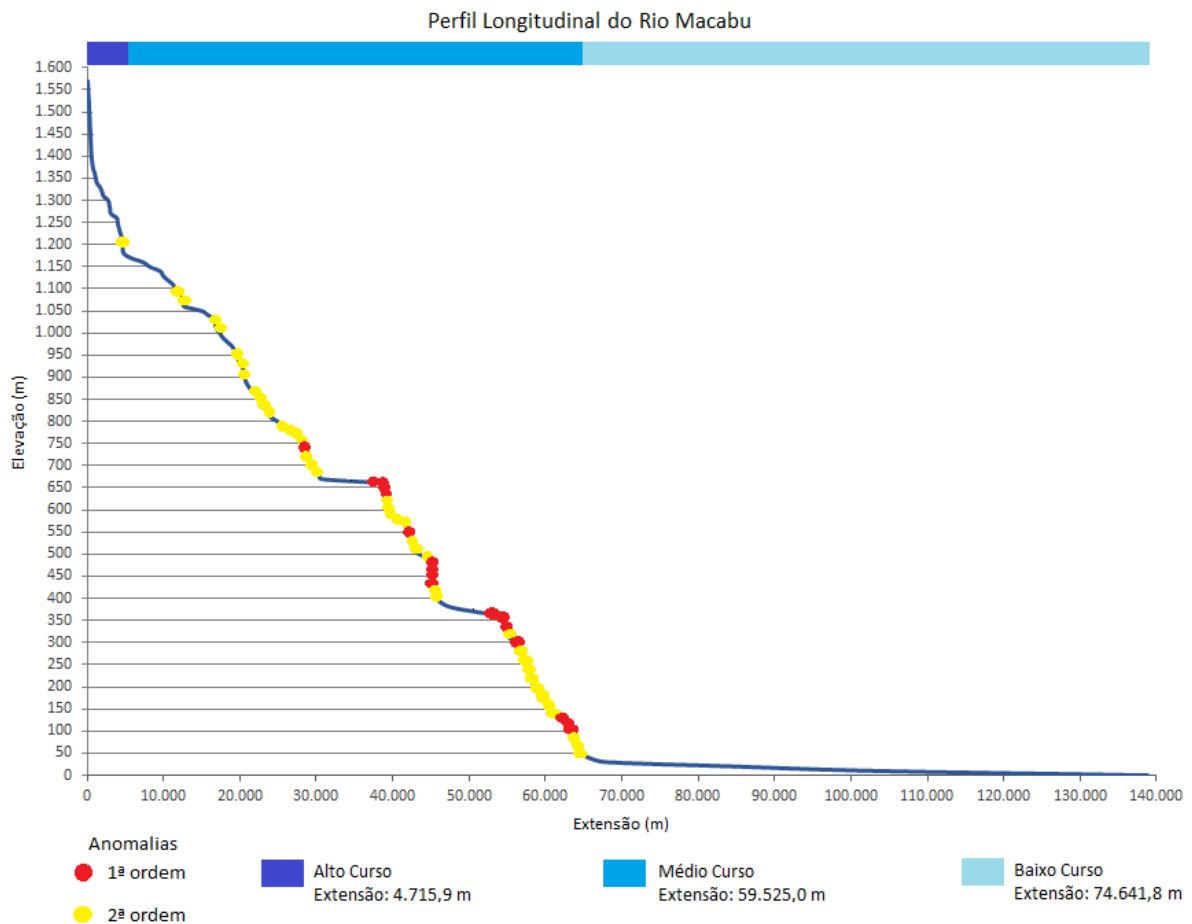


Figura 3 – Perfil Longitudinal do rio Macabu. Fonte – Elaboração Grupo de Pesquisa GEOMORPHOS/ UFRJ (2018).

Essas 79 anomalias do rio Macabu (Figura 4) têm significado relacionado ao controle morfoestrutural e morfotectônico existentes na região, vários valores anômalos refletem segmentos do rio com alta energia devido a localidade está em domínio de Escarpas Serranas (Serra do Mar), com zona montanhosa apresenta desnivelamentos expressivamente elevados. Algumas anomalias, muitas das vezes, estão associadas a falhas e fraturas reativadas, que redirecionam o rio.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

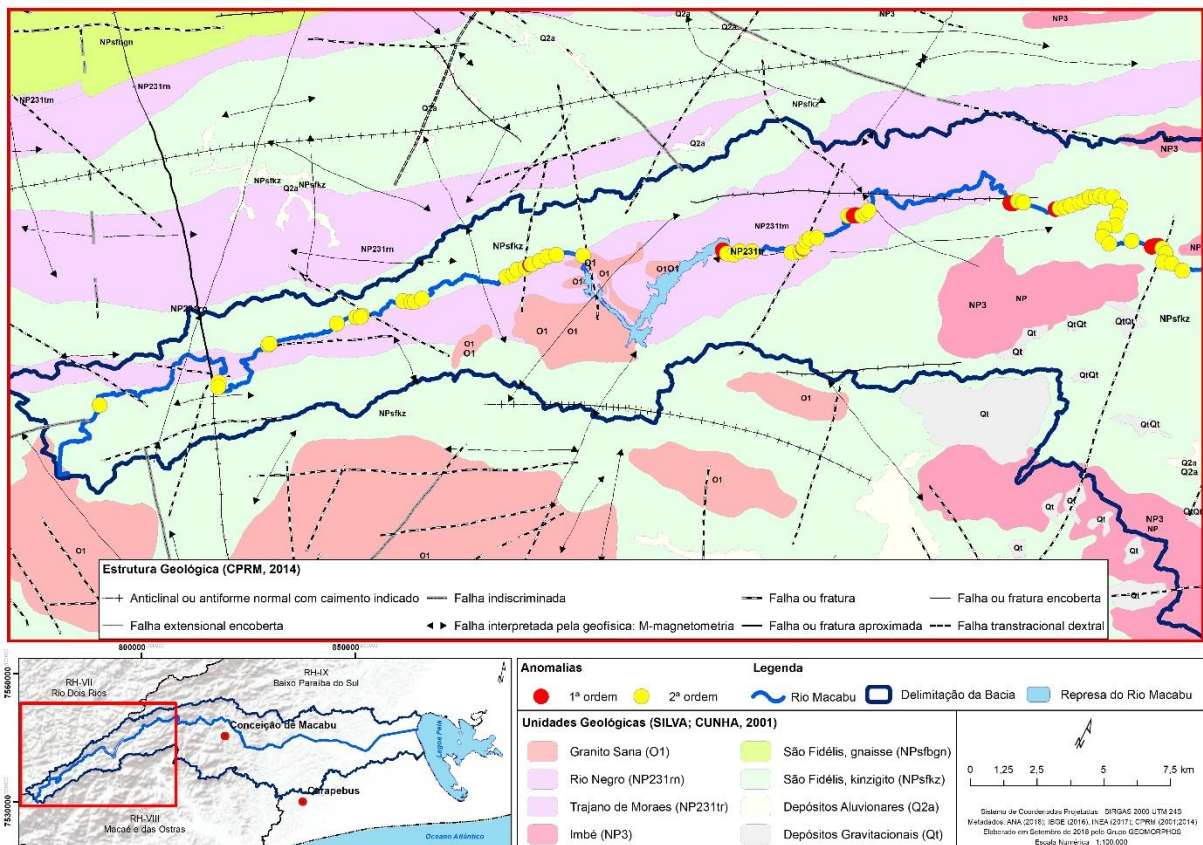


Figura 4 – Anomalias de drenagem encontradas no rio Macabu (RJ). Fonte – Elaboração Grupo de Pesquisa GEOMORFOS/ UFRJ (2018).

4. Considerações Finais

Os setores anômalos identificados no rio Macabu têm significado expresso pelo controle morfoestrutural e morfotectônico existentes na região. Há diversos trechos do rio que estão em zonas de encaixamento podendo indicar um bloco em subsidência. Observa-se mudanças abruptas da linha do perfil longitudinal em diversos pontos, indicando relação com deformações morfotectônicas que geraram desníveis altimétricos e mudanças no nível de base levando ao rio se reajustar. Além disso, algumas anomalias, muitas das vezes, estão associadas a falhas e fraturas reativadas, que redirecionam o rio.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

5. Agradecimentos

À Agência da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP) e ao Comitê do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana pelo financiamento da pesquisa com recursos da cobrança pelo uso da água (Edital N° 004/2018).

6. Referências Bibliográficas

CHEREM, L. F. S. **Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas: comparação de metodologias e dados. 2008.** Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 111 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Edgard Blucher, v. 1, 1981. 313 p.

COUTO, E. V.; FORTES, E.; FERREIRA, J. H. D. **Índices Geomorfológicos Aplicados a Análise Morfoestrutural da Zona de Falha do Rio Alonzo - PR.** Revista Brasileira de Geomorfologia, V. 14, 2014. 11p.

ETCHEBEHERE, M. L. C. **Terraços Neokuaternários no Vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas.** Rio Claro, 2000. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 264 p.

FUJITA, R. H. **Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR.** Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 4, n. 41, p. 597- 603, dez. 2011. HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream gradient index. Journal of Research of the US Geological Survey, Reston, v. 1, n. 4, 1973. 8 p.

HACK, J. T. **Stream-profile analysis and stream gradient index.** U.S. Geol. Survey, Jour. Research, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HEILBRON, M.; PEDROSA SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: MANTESSO NETO, V. BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R.; BRITO NEVES, B.B. (Orgs.) **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo: Beca. 2004. 33 p.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

LIMA, H. C.; DORANTI, C.; HACHSPACHER, P. C.; RIBEIRO, M. C. S.; RIBEIRO, L. F. **B. Análise Morfométrica da Rede de Drenagem da Bacia do Rio Machado-MG.** Sociedade & Natureza, Uberlândia, abr. 2010. 11p

MARÇAL, M., RAMOS, R.R.C., SESSA, J.C., FEYRIER, P.V. **Sedimentação Fluvial Quaternária no Vale do Alto Curso do Rio Macaé, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** Revista Brasileira de Geomorfologia, 2015. 18 p.

RUBIRA, F. G.; PEREZ FILHO, A. **Análise do perfil longitudinal e Índice SL do rio Araranguá (SC) para identificação de anomalias associadas a deformações neotectônicas e controles estruturais.** In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.). Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. 1ed.Campinas: Instituto de Geociências, UNICAMP, 2017, v. 1. 13 p.

SEEBER, L.; GORNITZ, V. **River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics.** Tectonophysics, International Journal of Geotectonics and the Geology and Physics of the Interior of the Earth, Amsterdam, v. 92. 1983. 62 p.

SILVA, T. M. **A estruturação geomorfologia do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro. (Tese de Doutorado, Depto. Geografia - IGEO/UFRJ). 2002. 265 p.

SILVA, L. D.; CUNHA, H. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro.** Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM): Brasília, 2001. 94 p.

TEODORO, V. V. L, TEIXEIRA, D, COSTA, D. J. L, FULLER, B. B. **O conceito da bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista Uniara, n.20, 2007. 11p.