

IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS DE DRENAGEM NO RIO PARAIBA DO MEIO (PE/AL) A PARTIR DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE HACK

DRAINAGE ANOMALIES IDENTIFICATION IN THE PARAIBA DO MEIO RIVER (PE / AL) FROM THE HACK INDEX APPLICATION

João Paulo da Hora Nascimento¹
Paulo de Tarso Barbosa Leite¹
Priscilla Emanuelle Claudino da Silva¹
Raquel Lourenço da Silva¹
Kleython de Araújo Monteiro²
geokleython@gmail.com

157

ABSTRACT

The Hack Index (IH) and its relationship with the structure and dynamics of the slopes made it possible to identify drainage anomalies along the longitudinal profile. This method relates $IH_{stretch}$ to the total watercourse index (IH_{total}) under the formula $IH_{stretch}/IH_{total}$ where values found between 0 and 1.99 are considered non-anomalous, values between 2 and 10 have 2nd order anomalies and values above 10 Anomalies of 1st order. This work used of these methods to investigate the drainage patterns of the Paraíba do Meio river, located between the sub-humid zone of Pernambuco and the forest zone of Alagoas. 32 isoípsas of 25m interval were established, and 15 anomalies of 1st order and 14 of 2nd order were identified. This break indicates a large rupture of the plateau occurring near the coast that can be considered as the transition Slop- Piemont.

Keywords: hack index; relief anomalies; drainage basins.

¹ Discente, Departamento de Geografia, UFAL.

² Departamento de Geografia, UFAL.

RESUMO

A aplicação do Índice de Hack (IH) e sua relação com a estrutura e dinâmica das encostas tornaram possível a identificação de anomalias de drenagem ao longo do perfil longitudinal. Este método relaciona o IH_{trecho} com o índice total do canal (IH_{total}) sob a fórmula IH_{trecho}/IH_{total} onde valores encontrados entre 0 e 1,99 são considerados não anômalos, valores entre 2 e 10 possuem anomalias de 2º ordem e valores acima de 10 anomalias de 1º ordem. Este trabalho utilizou-se destes métodos para investigação do comportamento da drenagem do rio Paraíba do Meio, localizado entre o agreste pernambucano e a zona da mata alagoana. Foram estabelecidas 32 isoípsas de 25m de intervalo, e identificadas 15 anomalias de 1º ordem e 14 de 2º ordem. Esta quebra indica uma grande ruptura de patamar ocorrendo próximo à costa que pode ser considerada como a transição Encosta – Piemont.

Palavras-chave: Índice de Hack; anomalias de relevo; bacias de drenagem.

CONTEXTO DA PESQUISA

A geomorfologia estuda as formas de relevo, sendo este seu objeto, porém, as relações processos-formas são essenciais para a compreensão dos fatos geomorfológicos.

Perturbações externas provocam mudanças em determinado sistema produzindo mudanças no resultado final das formas, e/ou atribuindo novas determinações aos processos atuantes. No caso de bacias de drenagem, anomalias no perfil longitudinal do canal são representativas.

Estudos geomorfológicos têm avançado consideravelmente com o uso de técnicas de análises da paisagem propostas e desenvolvidas, sobretudo, a partir do fim da

primeira metade do século XX, como aponta Monteiro (2014). Período ao qual sucederam-se postulados, métodos e técnicas de análise de cunho tecnológico.

No que diz respeito aos objetivos deste trabalho, as contribuições de Hack (1973), essencialmente, se revestem de grande importância. Hack desenvolveu método capaz de estabelecer relação entre a extensão de um rio e a sua declividade, o que permitiu, posteriormente, pontuar setores anômalos. As noções de equilíbrio em geomorfologia também são úteis quando se relaciona o perfil longitudinal do rio e o perfil de equilíbrio, modelo imaginário representativo e geral da relação extensão x declividade.

Tendo conhecimento do perfil de equilíbrio de um rio, a aplicação do índice de Hack, como também é conhecido o seu método *Stream Length-Gradient*, permite estabelecer setores anômalos ao longo do perfil longitudinal de um rio qualquer, abrindo assim, possibilidades interpretativas referentes à estruturação do relevo e suas relações com a drenagem da bacia em questão. A análise deve apontar as causas de tais rupturas de patamares de relevo. Estas diferenças tanto podem ser frutos da ligação entre litotipos diversos, gerando diferenciações no padrão de drenagem, devido as suas propriedades químicas e físicas e assim, contribuindo para a elaboração de anomalias ao longo do perfil de um rio, assim como, as zonas de falhamento que também se apresentam como grande executoras de rupturas de patamares de relevo.

Assim, este estudo prevê a aplicação do índice já apresentado para identificação de ruptura de patamares de relevo, e obtenção de resultados que auxiliem a explicar as causas reais de suas formações, como proposto por Monteiro et al (2014).

Observações da natureza são frequentes desde a antiguidade, porém a geomorfologia tem sua história científica bem mais recente. Somente a partir do renascimento atinge níveis mais elaborados de investigação. Oculta durante toda a Idade Média, onde pressupostos religiosos impediram estudos da natureza de serem realizados, só recentemente, então, pós Idade Média, durante os séculos XVI e XVII, mas, sobretudo durante o século XVIII, a geomorfologia moderna toma corpo.

No Brasil, sua história está dividida em três períodos, como aponta Ab' Saber (1958,1964) *apud* Christofletti (1974) período dos predecessores, período dos estudos pioneiros e, a geomorfologia das técnicas modernas. É, contudo, como indica o mesmo autor, recente, datando basicamente do século XX. No Nordeste, as iniciativas são ainda mais escassas e atrasadas, tendo os estudos de King como pioneiros e mais significativos (CORRÊA et al, 2010).

Segundo Monteiro et al. (2014) a “análise de redes de drenagem tem se mostrado um parâmetro para identificação de patamares de relevo com grande aceitação e aplicabilidade na literatura geomorfológica contemporânea”. Este estudo utiliza-se

desta afirmação, associada a necessidade brasileira de análise da paisagem, e produção científica insuficiente para propor esse trabalho.

Tendo sua história interrompida por longos períodos, como demonstrado, a geomorfologia apresenta-se como ciência renovada e assim, contribuições de estudos de caso como este se fazem necessárias, sobretudo, para o nordeste brasileiro, onde historicamente estudos detalhados da paisagem são mais atrasados.

Dessa maneira, este trabalho pretende contribuir para a investigação da paisagem nordestina, especificamente do setor Oriental da Borborema por meio da aplicação do índice de Hack na drenagem principal da bacia do Rio Paraíba do Meio.

161

METODOLOGIA

A pesquisa teve base bibliográfica em livros e artigos para servir de embasamento e assegurar o caráter científico.

Para a identificação das anomalias de drenagem da bacia hidrográfica estudada e seu perfil longitudinal, foram utilizados métodos de aplicação do Índice de Hack, que no Brasil é também denominado de Relação Declividade-Extensão (RDE), permitindo elaboração de um índice que identifica setores anômalos desenvolvido por Seeber e Gornitz (1983). Enquanto os dados apresentados foram desenvolvidos em ambiente SIG permitindo assim uma melhor interação e interpretação.

Parâmetros morfométricos (Perfil Longitudinal e Índice de Hack)

As relações entre os rios e as estruturas do relevo são percebidas desde a antiguidade, onde o homem iniciou sua busca epistemológica. Porém, devido principalmente a ausência de técnicas, esse conhecimento ficou retido em deduções por um longo período, até que no final do século XIX, com o advento das revoluções industriais e por seguinte o surgimento de novas tecnologias, antigos paradigmas sobre a geomorfologia foram quebrados e novas relações foram surgindo a respeito dessa temática. Segundo Christofolletti (1969) a análise morfométrica de bacias foi bastante utilizada, sendo, no entanto, deixada de lado com o surgimento dos postulados de Davis (1899) acerca da evolução cíclica do relevo. O pensamento davisiano atribuía à morfogênese uma temporalidade muito mais ampla, na escala de milhões a centenas de milhões de anos, escala esta que menosprezava um estudo mais detalhado da drenagem (CORRÊA et al, 2014).

Após esse momento de evolução e estagnação, em meados do século XX, Horton (1945) procurou estabelecer leis, respaldadas numa linguagem matemática que propiciou uma melhor interpretação do desenvolvimento dos rios e suas bacias. Essa abordagem foi crucial para o surgimento de novas abordagens sobre os estudos de morfometria e drenagem.

Em relação ao perfil longitudinal de um rio, o mesmo é entendido como sendo a curva obtida através de dados plotados em gráfico de coordenadas cartesianas, cujas coordenadas correspondem à altitude (H) em relação à distância da jusante (L) expressa pela equação:

$H=f(L)$

onde a tangente resultante expressa o gradiente do canal no trecho estudado (MARTINEZ, 2005).

Para Hack (1957) o perfil vai refletir o estado de equilíbrio da drenagem e qualquer alteração no mesmo levaria o rio a se ajustar na busca de um novo equilíbrio, erodindo seu próprio leito ou gerando aggradação. Desta forma, entende-se que trechos da drenagem que estejam fora da curva de equilíbrio indicam que a drenagem encontra-se desajustada. Nestes casos pode-se interpretar as anomalias como indicativas de atividade tectônica recente (ETCHEBEHERE et al., 2004), assim como de diferença estrutural ou litológica sobre a morfologia do sistema (MONTEIRO et al, 2014).

Quanto ao Índice de Hack, o mesmo foi proposto no intuito de relacionar a declividade e a extensão do rio para identificar trechos fora do padrão considerado normal, Hack (1973) contribuiu para evidenciar e favorecer a identificação de configurações ideais no gradiente do perfil longitudinal, tomando como pressuposto que este deveria apresentar uma diminuição gradativa da declividade desde a cabeceira até a foz (MARTINEZ, 2005). O índice de Hack por trecho é calculado através da seguinte fórmula:

$$SL_{\text{trecho}} = (\Delta h / \Delta l) * L$$

onde Δh é a diferença altimétrica entre dois pontos selecionados do curso d'água, Δl corresponde à projeção horizontal do trecho analisado e L é a extensão total do canal desde a nascente até o ponto final para onde o índice está sendo calculado.

Pode-se calcular também o índice para todo o canal, para isto considera-se a diferença altimétrica entre a cota superior e a inferior do canal, ou seja, o ΔH da cabeceira até a foz (em metros) e o logaritmo natural da extensão total do curso de água, sendo a fórmula:

$$SL_{\text{total}} = \Delta H / \ln L$$

Seeber e Gornitz (1983) consideraram como anômalos os índices de SL_{trecho} que, quando divididos pelo índice de SL_{total} , resultaram em valores acima de 2 (dois). Estas anomalias se subdividem em anomalias de segunda ordem, cujos valores estão entre 2 (dois) e 10 (dez) e as anomalias de primeira ordem que possuem valores igual ou superior a 10 (dez). As anomalias de primeira ordem são encontradas em trechos onde a declividade é bastante elevada, enquanto que as anomalias de segunda ordem são encontradas em trechos com declividade pouco acima da curva normal para o padrão da drenagem. Desta forma, Monteiro et al (2014) utiliza esta relação para identificar knickpoints, entendendo que as anomalias de primeira ordem representam grandes rupturas de patamares ao longo do sistema de drenagem.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Rio Paraíba do Meio

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio está localizada na região do nordeste brasileiro e possui uma área de abrangência de 3.330 km², sua nascente está localizada no Estado de Pernambuco, no extremo oriental da Serra do Gigante, ao norte de Bom Conselho, a cerca de 800 m de altitude, a latitude sul de 9°00' e longitude 36°40'. Possui direção geral sudeste ao longo dos seus 172 km de extensão, e deságua no Complexo Estuário Lagunar Mundaú-Manguaba no litoral de Alagoas. (Figura 1).

Em grande parte de sua extensão, possui direção no sentido NW-SE. Em sua porção superior percorre áreas de clima sub-úmido com índices pluviométricos anuais médios variando entre 600 mm, até 1900 mm quando percorre região do litoral alagoano, exposta a úmidos ventos alísios.

O rio Paraíba do Meio apresenta um padrão de vazão intermitente limitada por perímetro de 217,96 km no estado de Pernambuco. Em território alagoano, a bacia é completada por 1.952,50 km² (62,4% do total) com perímetro de 241,64 km, neste percorrendo mais de 126,57 km com regime fluvial perene até a desembocadura no Complexo Mundaú-Manguaba.

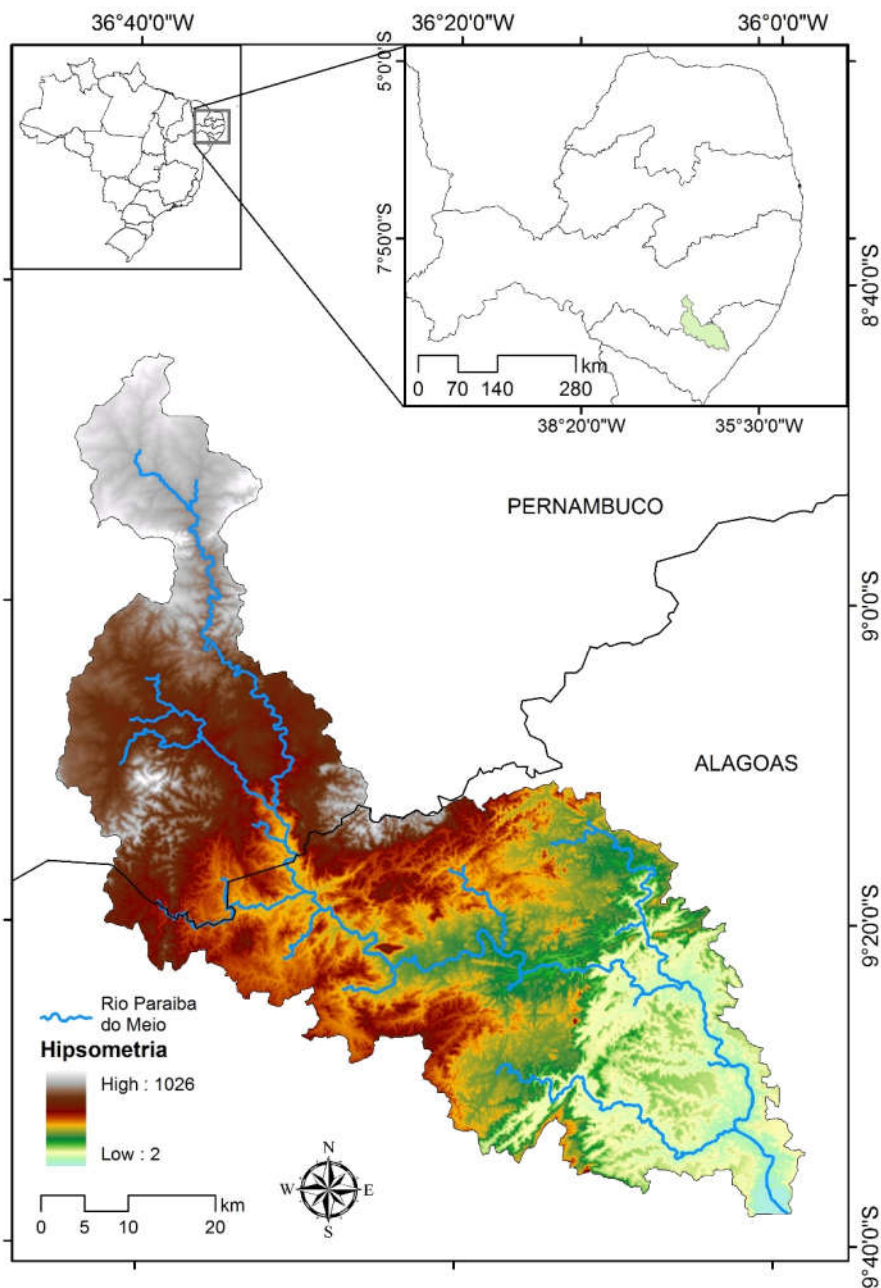


Figura 1: Localização do Rio Paraíba do Meio

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do meio tem sua nascente localizada sobre o compartimento morfoestrutural caracterizado por Corrêa et al (2010) de Cimeira Estrutural Pernambuco – Alagoas, região caracterizada por altitudes médias de 500 a 800 metros e grande parte de sua litologia é composta por gnaisses e migmatitos, com morfologia geral de cristas residuais e alvéolos largos. Sua porção média e inferior drenam o Piemont do Macrodomo da Borborema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A plotagem em gráfico de coordenadas cartesianas dos dados (altitude e extensão de um rio) permite a elaboração do perfil longitudinal de um canal. A análise da curva do perfil longitudinal de um rio permite identificar se este está em equilíbrio com a drenagem, ou se há alterações ao longo de seu curso. McKeown et al (1988) afirma que um rio estaria em equilíbrio, quando a curva obtida apresentasse forma côncava, sendo assim, livre de quebras bruscas, típicas feições de desajuste da drenagem. No rio em questão, como pode ser observada na Figura 2, a forma apresentada em nada se assemelha a concavidade, sinônimo de estabilidade. Tem-se na verdade muitas quebras, podendo ser identificadas nos diversos pontos, principalmente nas isoípsas de 425 m, 325 m e entre 200 m e 150 m.

A comparação entre o perfil ideal e o obtido de fato para o rio pode ser facilmente estabelecida quando o perfil acima é analisado. A linha de melhor ajuste representa a situação ideal, onde uma curva é suavemente traçada, enquanto o perfil longitudinal apresenta diversas quebras. As maiores quebras, e assim as

mais importantes foram identificadas nas isoípsas de 150 e 175m. Esta quebra indica uma grande ruptura de patamar ocorrendo próximo à costa que pode ser considerada como a transição Encosta – Piemont.

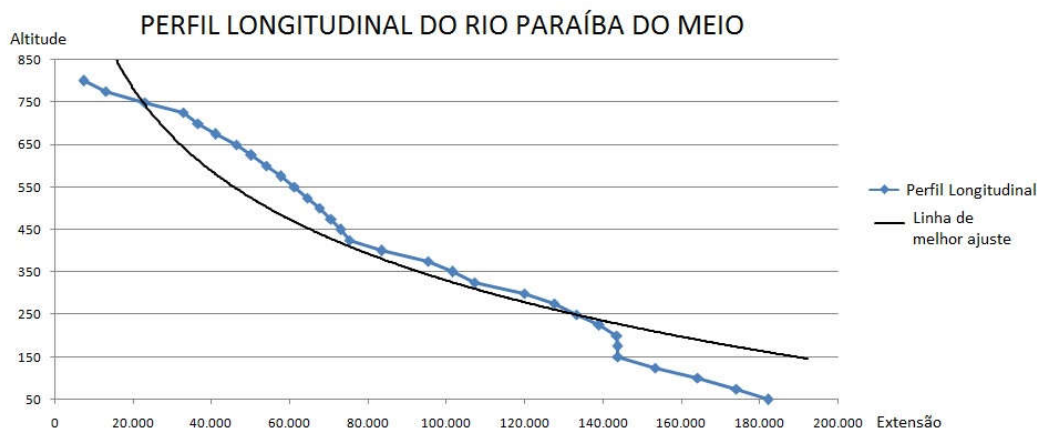


Figura 2: Perfil Longitudinal do canal principal do Rio Paraíba do Meio

A análise do perfil longitudinal, como proposto por Seeber e Gornitz (1983), permite identificar setores anômalos no canal, a partir da aplicação de seu método ao índice de Hack, onde o índice por trecho é dividido pelo índice de Hack_{total}.

Nesta drenagem foram estabelecidas 32 isoípsas com intervalo de 25m entre as mesmas. Destas foram identificadas 15 anomalias de 2º ordem e 14 de 1º ordem, e apenas 3 setores não anômalos. A quantidade de anomalias explicita o desequilíbrio em que a drenagem se apresenta em relação ao perfil ideal.

As possibilidades interpretativas das causas de tais anomalias são várias, podendo ser frutos da interação de diversos litotipos, ou estarem relacionados a estrutura,

porém em qualquer das situações fica evidente o desequilíbrio entre a drenagem e o sistema geomorfológico. No caso em questão, como é possível identificar na Figura 3, o conjunto das maiores quebras situadas nas isoípsa de 150 e 175 encontra-se na transição de diferentes tipos de rochas, sugerindo diferenças na capacidade erosiva, processos típicos de ambientes dominados por erosão diferencial.

Na Figura 4 nota-se que ocorre uma concentração de setores anômalos entre as isoípsas de 175m e 125m. Este setor pode ser considerado como sendo a principal ruptura de relevo, knickpoint, ao longo do canal do rio Paraíba do Meio. Quando analisado em conjunto com o perfil longitudinal da drenagem pode-se entender que esta ruptura é a transição entre a Escarpa Oriental da Borborema e seu Piemont, onde a curva passa a ser mais suave e os valores do índice de Hack passam a ser de menor expressão.

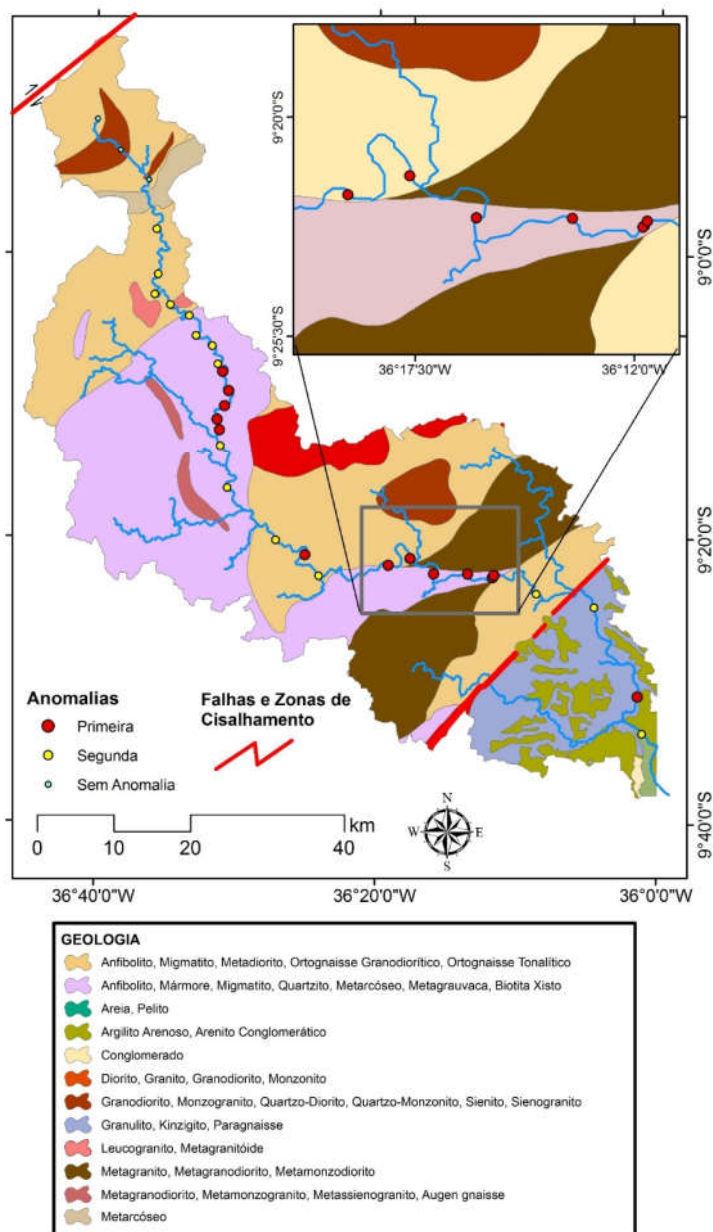


Figura 3: Anomalias De Drenagem Plotadas No Mapa Geológico.

HIPSOMETRIA E ANOMALIAS DE DRENAGEM DO RIO PARAIBA DO MEIO

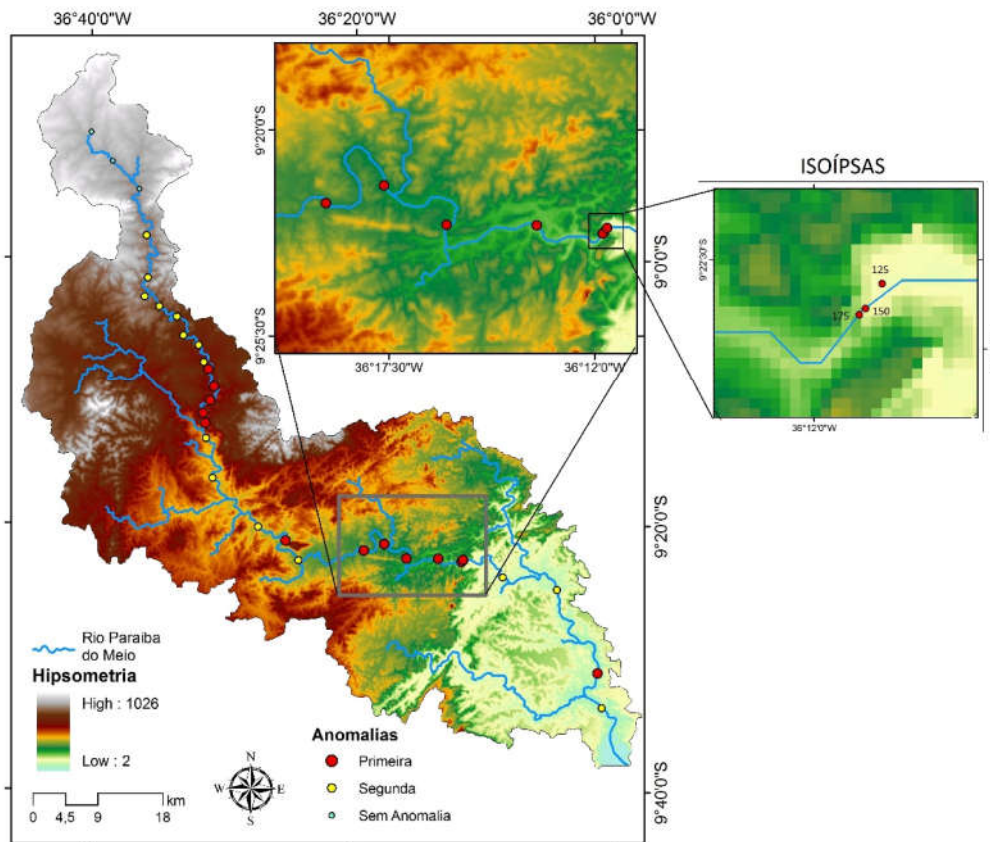


Figura 4: Anomalias de Drenagem plotadas no mapa hipsométrico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O canal analisado apresenta desvio do padrão normal do perfil longitudinal de um rio. Verificou-se diversas anomalias de drenagem, incluindo do total de 29, 14 anomalias de 1º ordem e 15 de 2º ordem. Portanto, distancia-se enormemente do padrão esperado para um rio em equilíbrio. A partir destes resultados pode-se

considerar que a aplicação do Índice de Hack se mostra eficiente na identificação de rupturas de declive ao longo de uma drenagem, sendo possível relacionar estas anomalias com diferenças litológicas ou feições estruturais. No presente caso, a interpretação voltada para a erosão diferencial estabelecendo diferentes patamares, mostra-se como a mais aceitável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Notícias Geomorfológicas. 9(18), p. 35- 64. 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1974. P. 149.

CORRÊA, A. C. B. et al. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 31, n. 1-2, p. 35-52, 2010.

DAVIS, W. M. The Geographical cycle. *Geographical journal*. v. 14, p. 481-504. 1899.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Aplicação do índice "Relação Declividade-Extensão - RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neogênicas. *Revista do Instituto de Geociências - USP*, v. 4, n. 2, p. 43-56. 2004.

HACK, J. T. Stream-profile analysis and streamgradient index. *Journal of Research of the U0.S. Geological Survey* v. 1, n. 4: 421–429. 1973.

HACK, J. T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. U.S. Geological Survey Professional Paper 294-B: 45–97. 1957.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, v 56, p. 275-370. 1945.

MARTINEZ, M. Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do Rio Pirapó: o perfil longitudinal. Dissertação (mestrado). Maringá, 2005.

McKEOWN, F. A.; JONES-CECIL, M.; ASKEW, B. L.; McGRATH, M. B.. Analysis of stream-profile data and inferred tectonic activity, Eastern Ozark Mountains region. U. S. Geological Survey Bulletin, n. 1807, p. 1-39, 1988.

MONTEIRO, K. D. A., TAVARES, B. D. A. C., & CORREA, A. C. D. B. Aplicação do índice de Hack no rio Ipojuca para identificação de setores anômalos de drenagem e rupturas de relevo. **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 616-628, 2014.

SEEBER, L. GORNITZ, V. River Profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics*, v. 92, p. 335-367, 1983.