



ANÁLISE DOS PERFIS LONGITUDINAIS DOS RIOS SIRINHAEM, UNA E MUNDAU (PE/AL) A PARTIR DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE HACK

Kleython de Araujo Monteiro

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente,
Maceió, AL, Brasil

kleython.monteiro@igdema.ufal.br

Antônio Carlos de Barros Corrêa

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Ciências Geográficas, Recife, PE,
Brasil

dbiase2001@terra.com.br

RESUMO – A relação entre drenagem e dinâmica geomorfológica não é recente e a quantificação de dados morfométricos vem se consolidando como uma importante ferramenta na análise das formas de relevo. Deste modo, a presente pesquisa utilizou-se do parâmetro morfométrico conhecido como Índice de Hack (IH) para identificar setores anômalos em três cursos fluviais: os canais principais dos rios Sirinhaém, Una e Mundaú. As drenagens se encontram na borda oriental do maciço da Borborema e suas análises permitem estabelecer a existência ou não de superfícies topográficas nas bacias das respectivas drenagens. Este método também foi efetivo ao identificar rupturas de patamares, no qual podemos traçar uma relação direta entre estas rupturas e as estruturas condicionantes das formas de relevo, quantificando as anomalias identificadas.

Palavras-chave: Patamares de Relevo; Borborema; Morfometria

LONGITUDINAL PROFILE ANALYSIS OF RIVERS SIRINHAÉM, UNA E MUNDAÚ (PE/AL) BY THE APPLICATION OF THE HACK INDEX

ABSTRACT – The relation between drainage and geomorphological dynamics is not recent and the quantification of morphometric data has been consolidated as an important tool in the analysis of forms. Thus, the present research used the morphometric parameter known as Hack Index (IH) to identify anomalous sectors in three river courses: the rivers Sirinhaém, Una and Mundaú. The drainage is at the eastern edge of the Borborema massif and its analyzes allow to establish the existence or not of topographic surfaces in the basins of the respective drainage. This method was also effective in identifying ruptures of levels, in which we can draw a direct relation between these ruptures and the conditioning structures of the relief forms, quantifying the identified anomalies.

Keywords: Relief Surfaces; Borborema; Morphometry

INTRODUÇÃO

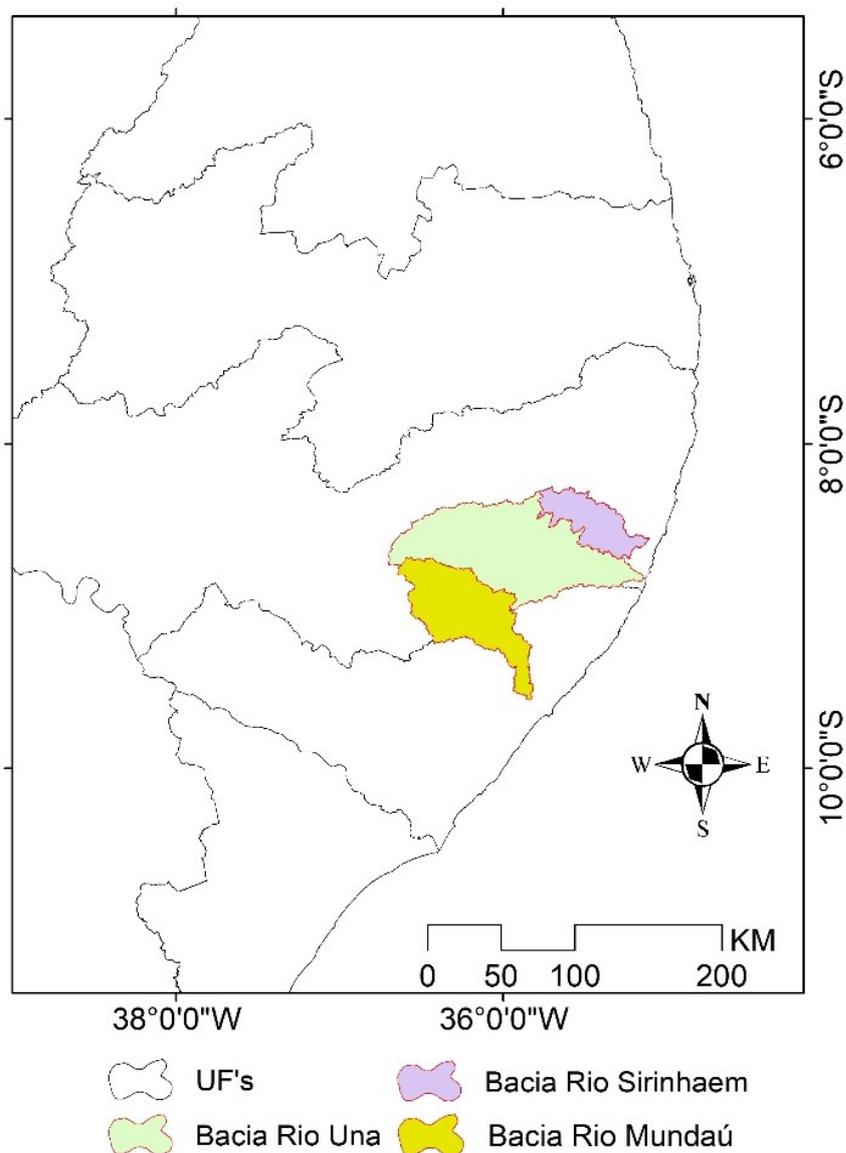
Desde os primeiros naturalistas, muito conhecimento tem sido produzido acerca da dinâmica evolutiva da paisagem, onde há uma busca constante em se entender como as formas surgem, se modificam e são destruídas. Devido a grandes contribuições como as de Davis (1899), King (1956) entre outros, o relevo passou a ser analisado em sua espacialidade e temporalidade, preocupando-se não apenas em descrever as formas que se contemplavam, mas em diagnosticar, a partir de peculiaridades presentes na paisagem, como se estrutura a relação material-processo-forma.

Um dos métodos de abordagem acerca do processo evolutivo da paisagem faz-se com a análise da drenagem, visto que – de acordo com Christofolletti (1980) – os cursos de água constituem-se em processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre, tornando

relevante o estudo das drenagens fluviais, de forma que esta pode levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas. Por ser uma área de constante transporte e deposição de sedimentos as bacias de drenagem possibilitam, através da aplicação de técnicas, como análise do perfil longitudinal e os índices de Hack, identificar em seus cursos características que permitem um diagnóstico da dinâmica existente na área.

Este tipo de abordagem tem a virtude de servir como ferramenta auxiliar para a reconstrução da dinâmica dos sistemas da superfície terrestre, na medida em que nos permite, através da análise da drenagem, avaliar e identificar as rupturas de patamares encontrados na encosta. No presente estudo avaliou-se o perfil longitudinal e aplicou-se o índice de Hack em três drenagens inseridas no contexto regional da borda oriental do maciço da Borborema, a saber: os rios Sirinhaém, Una e Mundaú (Fig. 1).

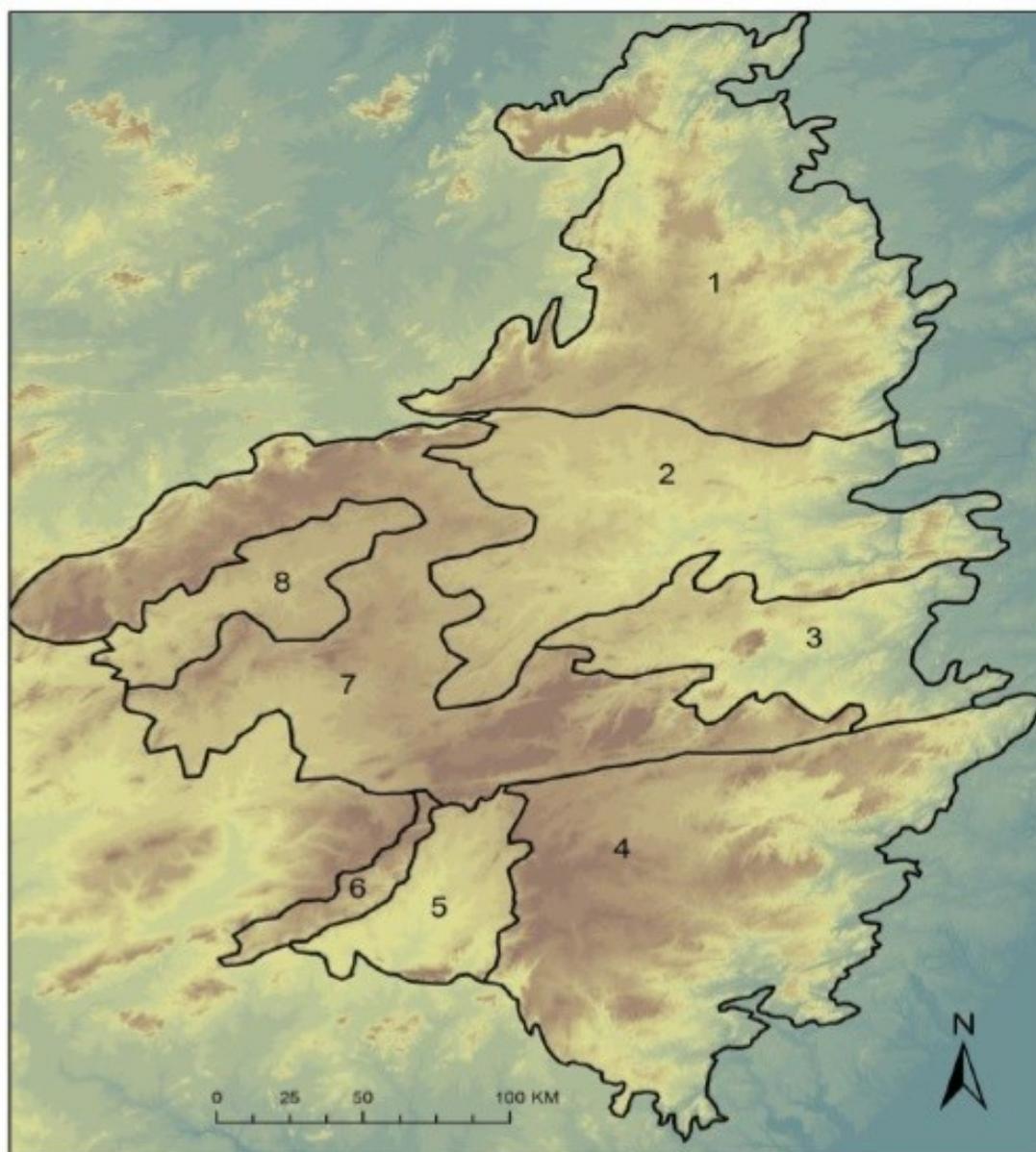
Figura 1. Mapa de localização das bacias dos rios Sirinhaém, Una e Mundaú nos estados de Pernambuco e Alagoas.



CONTEXTO MORFOESTRUTURAL

As bacias dos rios Sirinhaém, Una e Mundaú drenam a Escarpa Oriental da Borborema e seu Piemonte, possuindo grande importância para a ciência geomorfológica devido ao seu contexto geotectônico e climático. Estas bacias se encontram localizadas na Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas (Fig 2), compartimento estrutural estabelecido por Correa et al (2010), onde os autores definem uma compartimentação morfoestrutural para a Borborema.

Figura 2 – Nordeste Oriental e Compartimentos Estruturais da Borborema (Retirado de CORREA et al 2010). 1- Cimeira Estrutural São José do Campestre; 2 - Depressão Intraplanáltica Paraibana; 3 – Depressão intraplanáltica Pernambucana; 4 - Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas; 5 - Depressão Intraplanáltica do Ipanema; 6 - Maciços Remobilizados do Domínio Pernambuco-Alagoas; 7 - Maciços Remobilizados da Zona Transversal; 8 - Depressão Intraplanáltica do Pajeú.



A Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas possui limite norte na Zona de Cisalhamento Pernambuco, assumindo uma feição topográfica mais homogênea em relação aos setores circunvizinhos, onde predominam as cristas e relevos residuais. No eixo central desta unidade predomina uma topografia marcada pelas cimeiras planas com espesso manto de argissolos e neossolos, cuja elevação varia de 600 a 700 metros. Sua ocorrência resulta da combinação de fatores, como a homogeneidade litológica do Maciço Pernambuco-Alagoas (Complexo Gnáissico-Migmatítico), seu afastamento do Domínio da Zona Transversal (um dos eixos principais do arqueamento regional) e finalmente sua própria posição interiorana, na cimeira do bloco, a montante das áreas escarpadas sujeitas à intensa dissecação vertical. O único ressalto estrutural deste compartimento é o patamar erosivo de Garanhuns. Constitui-se numa das superfícies mais elevadas da Borborema (900-1.000 metros) e está estruturado numa faixa de quartzitos, orientada, grosso modo, E-W, relacionada ao Complexo Belém do São Francisco (Mesoproterozóico). Contudo não se descarta a possibilidade deste nível também estar condicionado por um eixo de arqueamento, devido à sua proximidade do rebordo oriental do planalto (CORREA et al, 2010).

Neste contexto as drenagens, por se adaptarem aos condicionantes estruturais (CHRISTOFOLETTI, 1980), se mostram como excelentes indicadores da macrocompartimentação regional, pois a análise de seus perfis demonstram as rupturas regionais de patamar, estabelecidas por erosão diferencial ou elementos tectônicos.

METODOLOGIA

A análise morfométrica foi introduzida por Horton (1945) e vastamente publicada no Brasil sob influência de Christofoletti (1969; 1981). Dentre as diversas técnicas de análise estão os cálculos propostos por Hack (1973) e difundidos neste país por Etchebehere et al (2004). Este índice permite a quantificação dos valores padrões no perfil longitudinal do rio, identificando desvios neste padrão. Esta análise identifica, no perfil longitudinal de drenagem, alterações em seu curso, relacionando a declividade do canal fluvial com a extensão do referido trecho, fornecendo um índice para comparação de trechos em um mesmo curso d'água com diferentes gradientes e extensão.

Ao propor o índice de gradiente (stream gradient-index), Hack (1973) contribui com um elemento bastante prático na determinação de anomalias na curva "ideal" do perfil longitudinal, permitindo um comparativo entre trechos de diferentes magnitudes ao longo do canal.

O Índice de Hack é calculado a partir da fórmula:

$$IH = (\Delta h / \Delta l) \cdot L$$

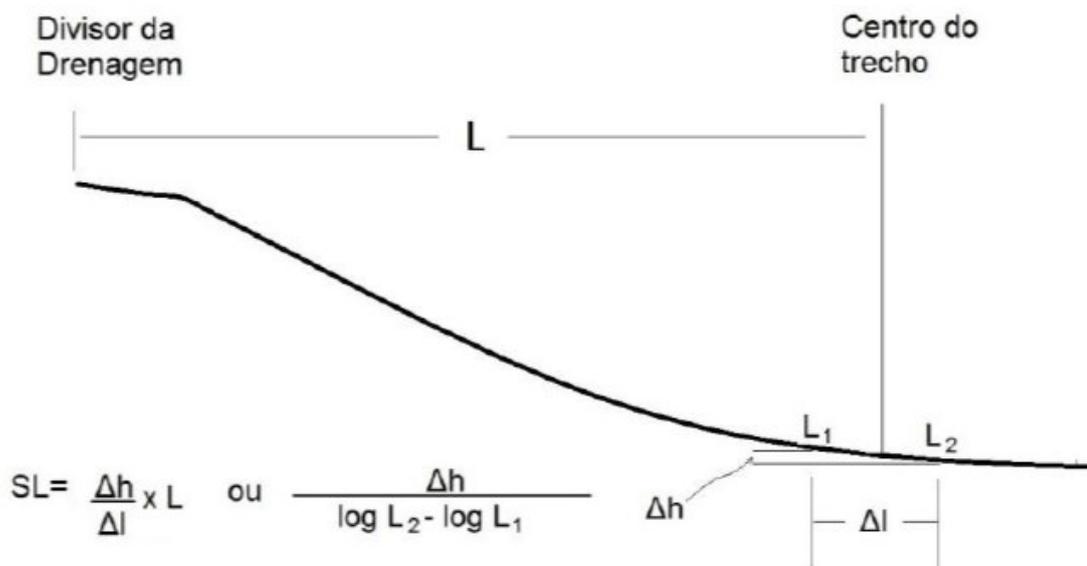
onde: Δh = diferença altimétrica entre dois pontos de um seguimento ao longo do curso d'água; Δl = projeção horizontal da extensão do referido segmento; L = comprimento total do curso d'água a montante do ponto para o qual o índice está sendo calculado até a cabeceira (Figura 3).

A aplicação deste índice também permite comparação de magnitudes entre diferentes drenagens. Os valores dos índices obtidos para cada trecho pode ser comparado com valores do próprio canal e de outros, contanto que não seja relativizado por seu próprio IH_{total} no intuito de definir setores anômalos, como proposto por Seeber e Gornitz (1983).

A proposta de Seeber e Gornitz (op cit) consiste em dividir os índices dos trechos pelo índice total do canal, estabelecido pela relação entre a diferença total de altitude e o log do comprimento da drenagem ($IH_{total} = \Delta H / \log L$). Os valores obtidos da relação entre os IH 's dos

trechos e o IH total indicam valores de anomalias no perfil longitudinal da drenagem, onde valores entre 0 e 2 não apresentam anomalias, valores entre 2 e 10 apresentam anomalias de segunda ordem e valores acima de 10 caracterizam anomalias de primeira ordem. Os índices obtidos através deste método quando correlacionados a cartas topográficas e geológicas permitem a obtenção de informações acerca da estruturação e controle dos processos modeladores do relevo.

Figura 3 – Esquema, modificado de Hack (1973), utilizado para cálculo do IH.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação do método de IH aos canais principais dos rios Sirinhaém, Una e Mundaú foram geradas tabelas com os valores de índice por trecho, bem como foram determinados os setores com ocorrência de anomalias. Neste caso, vamos nos ater aos trechos que foram identificados como obtendo anomalias de primeira ordem, interpretados como sendo rupturas de patamares regionais.

No rio Sirinhaém foram encontrados quatro setores com anomalias de primeira ordem, o setor de 450m com índices de 2.448m, o setor de 250m com índices de 2.106m, o setor de 225m apresentando 1.363m e em 150m teríamos 1.758m de índice (Tabela 1).

Tabela 1. Valores para cálculo do índice de Hack para o canal principal do Rio Sirinhaém, em isoípsas identificadas como possuindo anomalias de primeira ordem.

Rio Sirinhaem					
Isoípsa	Δh	Δl	L	IH $(\Delta h/\Delta l).L$	Anomalia
450	25	234	22.918	2.448	1ª Ordem
250	25	447	37.656	2.106	1ª Ordem
225	25	705	38.443	1.363	1ª Ordem
150	25	669	47.050	1.758	1ª Ordem

Para o Rio Una também foram encontrados quatro trechos possuidores de anomalias de 1ª ordem. Em 500m foi obtido o índice de 2.570m, em 275m o índice de 3.370m, no setor de 250m o valor de 3.387m e em 200m o valor de 4.128m (Tabela 2).

Tabela 2. Valores para cálculo do índice de Hack para o canal principal do Rio Uma, em isoípsas identificadas como possuindo anomalias de primeira ordem.

Rio Una					
Isoípsa	Δh	Δl	L	IH $(\Delta h/\Delta l).L$	Anomalia
500	25	860	88413	2570	1ª Ordem
275	25	1040	155177	3370	1ª Ordem
250	25	1155	156505	3387	1ª Ordem
200	25	975	161001	4128	1ª Ordem

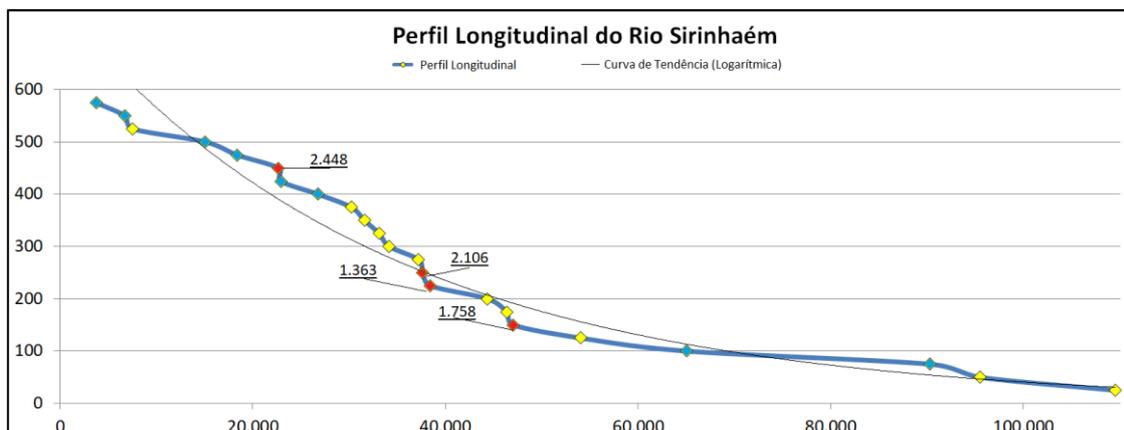
Para o Rio Mundaú, mais ao sul da região, foram encontrados três valores anômalos de 1ª ordem, sendo eles em 400m, cujo resultado foi de 2.422m e em 375m e 200m onde os valores foram de 1.542m e 1.526m respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Valores para cálculo do índice de Hack para o canal principal do Rio Mundaú, em isoípsas identificadas como possuindo anomalias de primeira ordem.

Rio Mundaú					
Isoípsa	Δh	Δl	L	IH $(\Delta h/\Delta l).L$	Anomalia
400	25	913	88487	2422	1ª Ordem
375	25	1463	90291	1542	1ª Ordem
200	25	1859	113474	1526	1ª Ordem

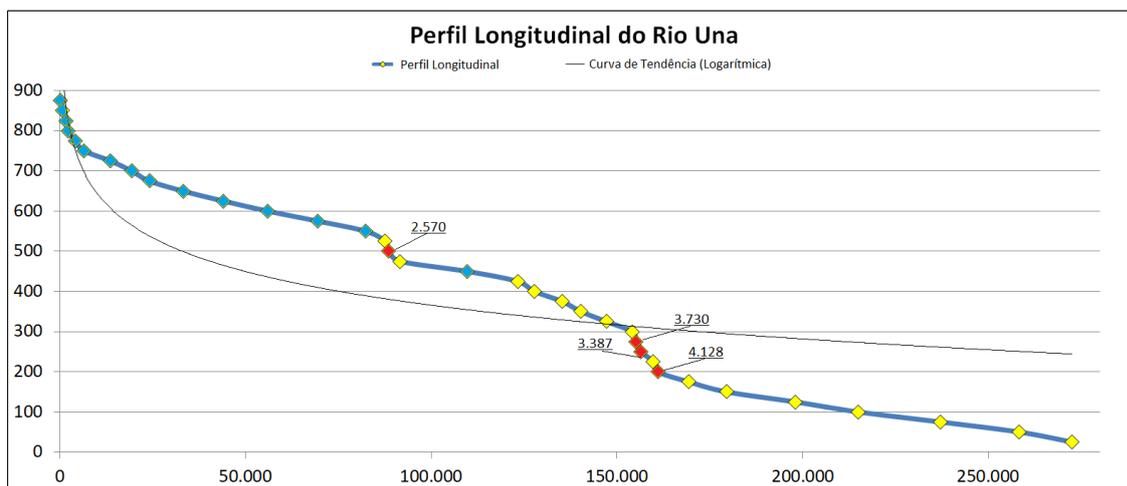
Diante destes resultados pode-se verificar a ausência de uma continuidade sequencial nos valores de anomalias de 1ª ordem. No caso do Rio Sirinhaém os valores se encontram nas cotas de 450m depois apenas em 250m e 225m e por ultimo em 150m. Isto indica que a drenagem percorre uma escarpa escalonada com pelo menos 3 rupturas relativamente significativas em relação ao todo do canal. Existe nesta drenagem um setor próximo à costa de áreas com um perfil muito suave até a cota de 150m, onde se encontra o primeiro valor com anomalia de 1ª ordem. Segue-se um curto trecho de relativa suavidade até a ruptura encontrada entre 225m e 250m. e posteriormente encontram-se setores com menor suavidade mas que possuem valores de anomalias de 2ª ordem de pouca expressão até a cota de 425m onde encontramos a maior ruptura de patamar, demonstrando um perfil escalonado em pelo menos quatro patamares (Figura 4).

Figura 4 – Perfil Longitudinal do Rio Sirinhaém demonstrando, em destaque, os valores mais elevados. Cores dos pontos representam as anomalias identificadas: azul – sem anomalia; amarelo – anomalia de segunda ordem; vermelho – anomalia de primeira ordem. Todos os valores da imagem estão em Metros.



No caso do Rio Una encontramos três principais patamares (Figura 5). O primeiro se encontra abaixo da cota de 200m onde foi identificado o primeiro e maior valor do índice. Entretanto os próximos valores com anomalias de primeira ordem se encontram logo acima, em 250m e 275m, havendo na isoípsa de 225m uma anomalia de segunda ordem, o que indica uma única ruptura de patamar entre os setores de 200m e 275m.

Figura 5 – Perfil Longitudinal do Rio Una demonstrando, em destaque, os valores mais elevados. Cores dos pontos representam as anomalias identificadas: azul – sem anomalia; amarelo – anomalia de segunda ordem; vermelho – anomalia de primeira ordem. Todos os valores da imagem estão em Metros.

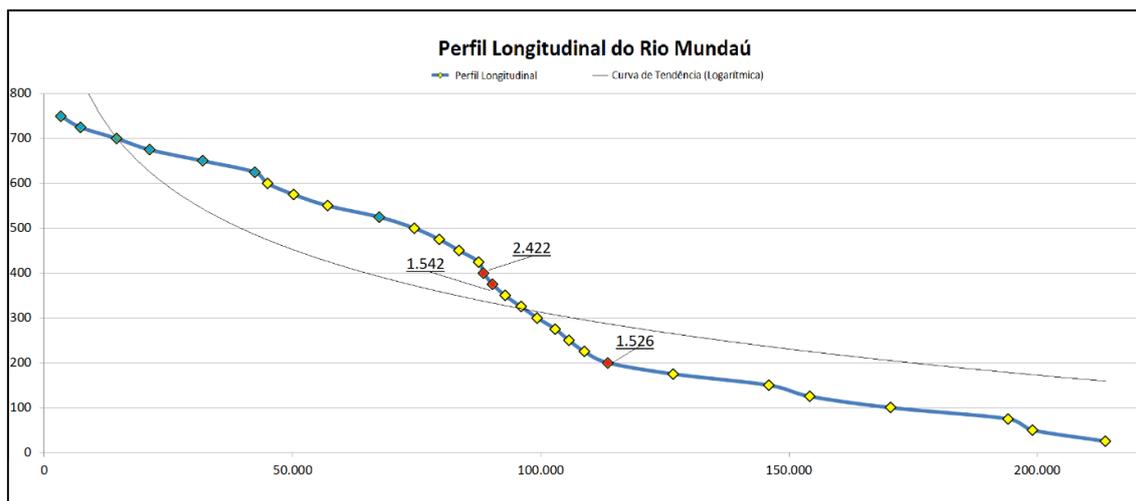


Acima deste trecho ocorre um setor com relativa suavidade no declive onde encontramos apenas alguns poucos valores de 2ª ordem e não muito expressivos. Até a cota de 500m onde novamente ocorre um trecho com anomalia de 1ª ordem. Esta ruptura determina mais um patamar que segue até a cabeceira da drenagem.

No Rio Mundaú encontramos também três patamares relacionados com a existência de rupturas de 1ª ordem. A primeira ocorrendo em 200m e as segunda e terceira ocorrendo próximas, entre 375m e 400m. Um primeiro patamar ocorre, portanto, abaixo dos 200m de altitude em direção à

foz. Acima de 400m temos o patamar que segue inclinado até a cabeceira. E entre 200m e 375m temos um patamar bastante inclinado com valores de IH elevados, mas que possuem anomalias de segunda ordem, indicando magnitude média, mas sem rupturas consideráveis (Figura 6).

Figura 6 – Perfil Longitudinal do Rio Mundaú demonstrando, em destaque, os valores mais elevados. Cores dos pontos representam as anomalias identificadas: azul – sem anomalia; amarelo – anomalia de segunda ordem; vermelho – anomalia de primeira ordem. Todos os valores da imagem estão em Metros.



Estes resultados nos mostram que a encosta da Borborema no setor à sul da Zona Transversal (BRITO NEVES et al 2001) possui uma estruturação em patamares escalonados. Não se observa apenas uma zona de quebra ou ruptura localizada em um setor da encosta, mas em geral pelo menos 3 patamares, diferente de outras regiões próximas. Isto corrobora com a idéia da existência de blocos soerguidos e rebaixados estruturando o relevo da região, ou uma tectônica em teclas (FORTES, 1986) composta por grabens e horsts que diferenciam a região de áreas adjacentes, como a Zona Transversal, localizada à norte.

Os índices indicam que os primeiros setores de anomalias de 1ª ordem possuem uma variação entre 150m e 200m, que em geral ocorrem na transição entre a encosta da Borborema Oriental e o seu piemonte. A existência de patamares com declividades suaves entre estas principais rupturas pode indicar um basculamento de blocos, se tomarmos por base os esforços tectônicos, ou ainda a existência de patamares erosivos aplainados, entendendo uma perspectiva erosiva como norteadora.

Já as rupturas identificadas ao longo do Macrodomo da Borborema podem estar relacionadas à existência de diferentes resistências do conjunto geológico ou à ocorrência de estruturas geológicas como falhamentos regionais e zonas de cisalhamentos. Entretanto mais pesquisas e aplicação de outros métodos são necessários para determinar se aspectos estruturais/tectônicos são mais atuantes na elaboração das formas da região ou se os processos erosivos são os protagonistas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da aplicação do Índice de Hack nos canais principais dos rios Sirinhaém, Una e Mundaú foi possível avaliar como o perfil longitudinal destes canais pode ser utilizado para identificação de rupturas de patamar. Estes canais demonstraram que todas as bacias analisadas possuem

patamares escalonados, estabelecidos e quantificados pelos índices identificados. Para além dos valores já discutidos, destaca-se o trecho da isoípsa de 200m de altitude do rio Una, que possui o maior valor de IH (4.128m) entre as três drenagens. Entretanto, além deste trecho, segue-se desde a isoípsa de 200m até a de 275m como possuindo valores altos, indicando que este setor possui a mais abrupta quebra de patamar a sul da Zona de Cisalhamento de Pernambuco.

Desta forma, a análise morfométrica mostra-se como uma importante ferramenta no auxílio do entendimento da gênese e evolução do relevo, mas também como uma primeira aproximação da estruturação da paisagem, possibilitando uma apreciação quantitativa da mesma. No caso estudado o método se mostrou eficaz em demonstrar as principais rupturas dos patamares, inclusive demonstrando áreas onde o perfil mais suave do rio poderia ser interpretado como uma superfície, erosiva ou tectonicamente abaulada. Demonstrou também que não existe uma relação direta entre as escarpas de ambos os rios, pois a estruturação escalonada ocorre em altimetrias diferenciadas, o que evidenciam singularidades no processo morfodinâmico destas bacias.

REFERÊNCIA

- BRITO NEVES, B. B.; SCHMUS, W. R. V.; FETTER, A. - **Noroeste da África - Nordeste do Brasil (Província Borborema) ensaio comparativo e problemas de correlação.** Revista do Instituto de Geociências - USP (SP), v. 1, n. 1, p. 59-78. 2001
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas.** Notícia Geomorfológica, v. 18, n. 9, p. 35-64. 1969
- CHRISTOFOLETTI, A. - **Geomorfologia.** São Paulo: Editora Edgar Blücher. 2ª edição, 188p. 1980
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313p.
- CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. **Megageomorfologia E Morfoestrutura Do Planalto Da Borborema.** Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 31 (1/2), p.35-52, 2010.
- DAVIS, W. M. - The Geographical cycle. **Geographical journal.** v. 14, p. 481-504. 1899
- ETCHEBEHERE, M. L.; 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 neotectônicas.** Revista do Instituto de Geociências - USP, v. 4, n. 2, p. 43-56. 2004
- FORTES, F. P. - **A tectônica de teclas da Bacia Potiguar.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia. Anais. SBG, 1986, v. 3, p. 1145-1159. 1986
- HACK, J. T. - **Stream-profile analysis and stream-gradient index.** Journal of Research of the United States Geological Survey. v. 1. n4. p. 421-429. 1973
- 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
- KING, L. C. - **A geomorfologia do Brasil Oriental.** Revista Brasileira de Geografia. p. 147-265. 1956
- SEEBER, L. GORNITZ, V. - **River Profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics.** Tectonophysics, v. 92, p. 335-367. 1983