

Artigo de Pesquisa**RELAÇÃO ENTRE OS CONTROLES ESTRUTURAIS E A REDE DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MUNDAÚ****Relationship between structural controls and the drainage network of the Mundaú river watershed**Jonas Herisson Santos de Melo¹, Kleython de Araujo Monteiro²

¹ Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Maceió, Brasil. jonas.melo@igdema.ufal.br.

 <https://orcid.org/0000-0003-3508-6433>

² Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Maceió, Brasil. kleython.monteiro@igdema.ufal.br.

 <https://orcid.org/0000-0003-4829-3722>

Recebido em 18/10/2021 e aceito em 22/01/2022

RESUMO: A compreensão da dinâmica da paisagem sempre esteve no centro das análises geomorfológicas. As bacias hidrográficas receberam grande destaque devido a sua dinâmica e seu papel para a evolução do relevo e de suas formas, fazendo-se necessária uma abordagem cada vez mais detalhada das relações entre as redes de drenagem e o relevo. Desta forma, a presente pesquisa focou na análise da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú (BHRM) e quatro de suas sub bacias, através da aplicação de índices morfométricos como a Relação de Bifurcação (Rb), análise de Curvas e Integrais Hipsométricas (HI) e o Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD). Estabelecendo relações com o substrato rochoso e a presença de falhas e zonas de cisalhamento, verificou-se que, em sua maioria, as sub bacias tem seu relevo em estado maduro, onde há um grande percentual de homogeneidade geológica, predominantemente rochas metamórficas. Além disso, em sua maioria as sub bacias possuem basculamento para o flanco esquerdo, muito provavelmente influenciados pela presença de falhas e zonas de cisalhamento. Desta forma foi possível verificar determinadas condições que contribuem para a compreensão do estágio do relevo atual, da BHRM como um todo, contribuindo para um melhor entendimento de suas dinâmicas.

Palavras-chave: Análise morfométrica; Geomorfologia; Dinâmica do relevo.

ABSTRACT: Understanding the dynamics of the landscape has always been at the heart of geomorphological analyses. The watershed received great prominence due to their dynamics and their role in the evolution of the relief and its forms, making necessary an increasingly detailed approach to the relationships between the drainage networks and the relief. Thus, this research focused on the analysis of the Mundaú River Basin (BHRM) and four of its sub basins, through the application of morphometric indices such as the Bifurcation Ratio (Rb), analysis of Hipsometric Curves and Integrals (HI) and the Drainage Basin Asymmetry Factor (FABD). Establishing relationships with the rocky substrate and the presence of faults and shear zones, it was found that, for the most part, the sub basins have their relief in a mature state, where there is a large percentage of geological homogeneity, predominantly metamorphic rocks. In addition, most sub basins have tilt to the left flank, most likely influenced by the presence of faults and shear zones. Thus, it was possible to verify certain

conditions that contribute to the understanding of the current relief stage, of BHRM as a whole, contributing to a better understanding of its dynamics.

Keywords: Morphometric analysis; Geomorphology; Relief Dynamics.

INTRODUÇÃO

A geomorfologia clássica destacou a importância da ação dos sistemas fluviais na constituição do modelado terrestre tendo a teoria do ciclo erosivo de William M. Davis (1889) influenciado os pesquisadores até meados do século XX. A partir da década de 1950, os estudos geomorfológicos passaram a dar mais ênfase aos processos de encosta, devido a predominância das análises dos processos fluviais na paisagem, gerando um novo contexto inserido no estudo de bacias hidrográficas.

Na década de 1960, com Hack (1960) e Howard (1965), ocorreu uma retomada dos conceitos desenvolvidos por Gilbert (1877a; 1877b) acerca da concepção teórica do desenvolvimento do modelado, em termos de equilíbrio dinâmico, conferindo um novo rumo à interpretação das formas de relevo, tendo como base a noção de que todos os elementos da paisagem estão interconectados.

Gilbert compreendeu que os sistemas geomorfológicos podem ser entendidos como um “aglomerado” de variáveis interdependentes, como os rios e seus níveis de base locais, que estão relacionados com os processos que se desenvolvem nas encostas da mesma forma que as encostas, sendo fonte de água e sedimentos para os rios, estariam intimamente relacionadas com a dinâmica fluvial. Todo o conjunto destes processos ao longo do tempo teria como resultado a elaboração das formas de relevo. As disparidades morfológicas presentes na topografia seriam resultado das relações entre as variações na magnitude e intensidade dos processos, desencadeados a partir da atuação de formas endógenas e/ou exógenas do sistema geomorfológico e as diferenças de resistência do substrato rochoso.

Os mecanismos de evolução dos sistemas fluviais e das encostas estão associados com a dinâmica de atuação dos processos erosivos. Estes são os principais agentes modeladores da paisagem, cujo a gênese estaria ligada a variação de forças externas, tais como as variações de índices pluviométricos ou redução da cobertura vegetal (Leopold et al, 1964), responsáveis por modificações significativas dos fluxos superficiais e subsuperficiais.

Outro fator de suma importância na elaboração das formas de relevo se refere ao condicionamento estrutural, ligado aos aspectos litológicos e tectônicos. Ainda no contexto da geomorfologia clássica, Penck (1953) interpreta a diversidade morfológica como função da interação entre as taxas de soerguimento (tectonismo) e as de denudação sendo, porém, tanto o soerguimento quanto a denudação controlados pelo tectonismo.

Com a grande variedade de respostas dos sistemas geomorfológicos, em função da variação dos fatores internos e externos, é possível observar uma grande complexidade temporal e espacial na evolução da paisagem, tornando esta dinâmica evolutiva de difícil explicação, de acordo com algumas teorias tradicionais.

Brunsdon e Thornes (1979) destacam a importância da complexidade para compreender as respostas aos fatores desestabilizadores da paisagem, apontando a fundamental relevância de elementos como a sensibilidade do relevo na elaboração de diferentes formas de relevo, que estaria diretamente ligada às condições internas de cada subsistema pertencente a paisagem. Logo, a existência de subsistemas de alta instabilidade ao lado de áreas praticamente estagnadas geraria descontinuidade de respostas, associada não exclusivamente a interferências externas, mas também a fatores inerentes à evolução do próprio sistema (Crickmay, 1959).

Desta forma, o presente trabalho busca analisar a Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú (BHRM) a partir das relações de seus subsistemas de drenagem com a estrutura subjacente. Por subsistemas deve-se entender um conjunto de sub bacias componentes e por estrutura deve-se entender o contexto litológico e estrutural da região. A análise lançará mão da aplicação de índices morfométricos nestas sub bacias, tais como a Hierarquia de Drenagem, a Relação de Bifurcação, a Integral Hipsométrica e o Fator de Assimetria, no intuito de verificar se há variações dos valores entre elas, os níveis de variações e suas relações com a estrutura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Contexto geológico, geomorfológico e climático

A Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú (BHRM) está localizada nos Estados de Alagoas e Pernambuco, possuindo cerca de 2.010 Km² (45,10%) de área na porção alagoana e cerca de 2.247 Km² (54,90%) de área no estado pernambucano (Figura 1). No contexto megageomorfológico, a BHRM drena a Escarpa Oriental da Borborema e seu Piemonte, possuindo grande importância para a geomorfologia devido ao seu contexto geotectônico e climático, como apontam Monteiro e Correa (2016).

Seu contexto climático apresenta, em quase toda sua totalidade, o clima Tropical, com estação seca no inverno, sendo que uma pequena porção a noroeste da bacia apresenta clima das estepes quentes com baixas latitudes e altitudes. Atuam na BHRM, a Massa Polar Atlântica (MPA), a Massa Tropical Atlântica (MTA) e a Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS). A massa equatorial do Atlântico Sul atua na estação do verão, nesta mesma estação atua também a massa tropical atlântica, caracterizada por suas elevadas temperaturas e umidade que vão se amenizando ao se afastarem do litoral, chegando no sertão nordestino, já quase sem umidade. No curso baixo da BHRM a massa polar atlântica, atuante no inverno, já chega enfraquecida e à medida que adentra a bacia, suas características de baixa temperatura e baixa umidade tornam-se ainda mais fracas (MARCUIZZO; ROMERO; CARDOZO, 2011).

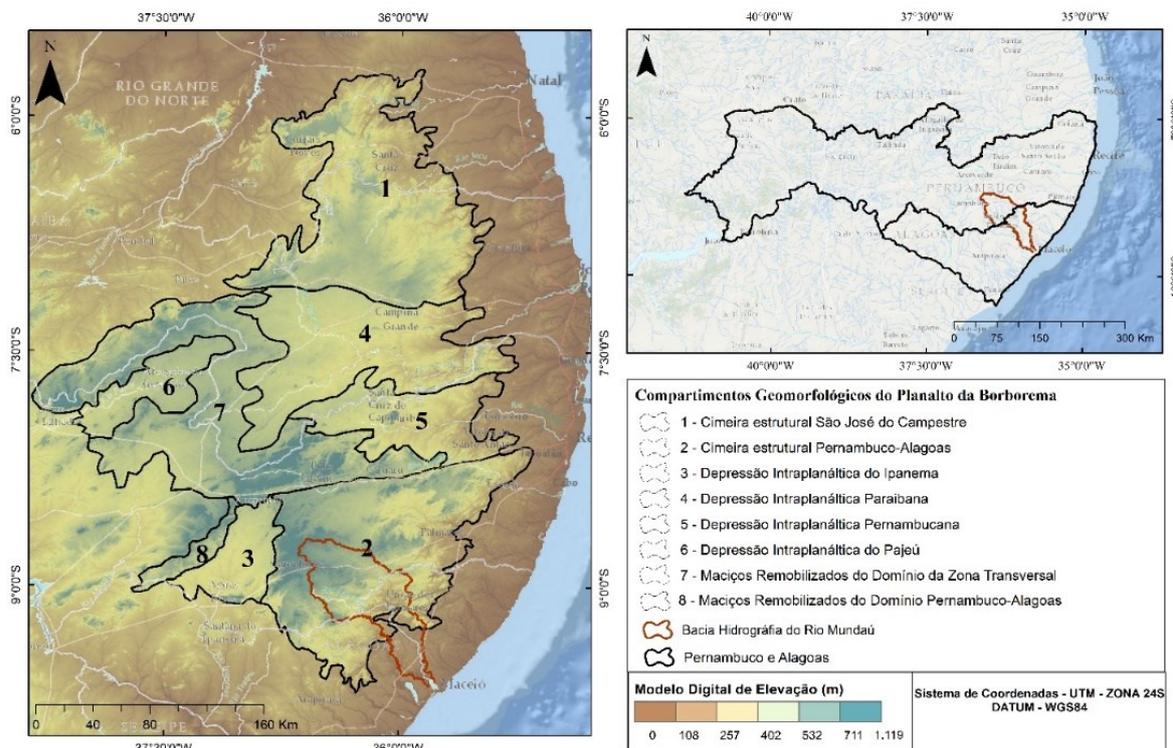


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, destacando a posição da BRHM em relação aos estados de Pernambuco e Alagoas, bem como ao Planalto da Borborema e seus compartimentos morfoestruturais. Modificado de Corrêa et al. (2010).

Morfoestruturalmente, a bacia encontra-se localizada de forma majoritária na Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas, compartimento estabelecido por Correa et al (2010) na classificação megageomorfológica da Borborema. A Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas possui limite norte na Zona de Cisalhamento Pernambuco, assumindo uma feição topográfica com maior homogeneidade 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 de altitude. A homogeneidade morfológica e dos mantos de intemperismo resulta da combinação de fatores como pouca variabilidade 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 (CORREA et al, 2010).

O contexto geológico da BHRM é constituído de rochas que datam do Cenozoico ao Eoarqueano, possuindo áreas de maior abrangência de rochas metamórficas datadas do Proterozóico (Figura 2). Em particular Biotita gnaisse, Biotita xisto, Mármore, Migmatito, Muscovita-biotita gnaisse, Muscovita-biotita xisto, Metagrauvaca, Metarcóseo, Ortognaisse tonalítico, Migmatito, Metadiorito, Ortognaisse granodiorítico e Ortognaisse granítico, ocupam grandes áreas do alto e médio curso da BHRM (Corrêa et al 2010).

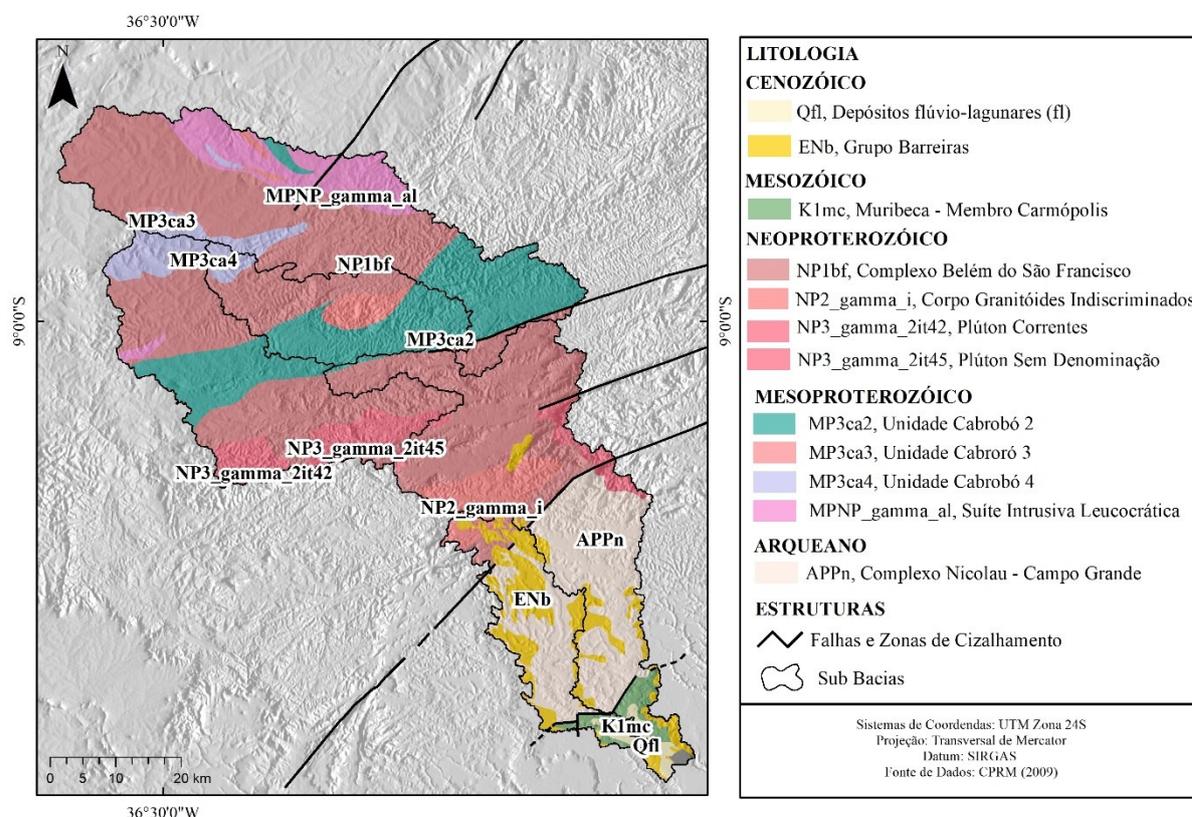


Figura 2. Mapa litológico da BHRM

Corrêa e Monteiro (2021), se baseando em dados geofísicos de Oliveira e Medeiros (2012), postulam para a região a manutenção das terras altas devido à atuação de um underplating magmático, produzindo uma configuração arqueada no setor central do Planalto da Borborema, a chamada Zona Transversal, mas promovendo um escalonamento em patamares bem definidos na porção ao sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco, onde se encontra a BHRM.

Base de Dados

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados dados do projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com 3 segundos de arco, possuindo resolução espacial de 90m x 90m, disponível no portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Estes dados foram escolhidos por já possuírem correção cartográfica e de inconformidades existentes nos dados brutos oriundos da NASA. Esta resolução se mostrou adequada para a escala da bacia, não sendo necessária a melhoria espacial do dado, visto que o ganho seria pequeno em relação ao processamento necessário.

A partir dos dados SRTM foram elaborados Modelos Digitais de Elevação (MDE's) em softwares de ambiente GIS, produzindo um modelo em 3 dimensões dos aspectos do relevo. Este modelo permitiu a extração automatizada da rede de drenagem, elemento central da análise da proposta.

Hierarquia de rede de drenagem

A aplicação deu-se através da geração da rede de canais fluviais em ambiente GIS, a partir dos dados SRTM, onde foram eliminados os dados espúrios, e gerados os dados de direção de fluxo e fluxo acumulado. Por fim, especificou-se o valor do fluxo acumulado (500), onde foram demarcados os canais fluviais, posteriormente a rede de canais foi hierarquizada através do método de Strahler (1952), para as sub bacias dos principais afluentes da BHRM (Figura 4).

A hierarquia de canais fluviais, proposta inicialmente por Horton (1945) e modificada por Strahler (1952), parte da premissa de denominar canais sem tributários como de primeira ordem, desde a sua nascente até sua confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem; o encontro de dois canais de segunda ordem dão origem a um canal de terceira ordem, e assim sucessivamente. Uma característica interessante que se destaca na utilização da hierarquia de canais fluviais é a sua importância nas variações de possíveis rupturas de declive nos perfis longitudinais dos rios, quando ocorre confluência de cursos d'água com ordens hierárquicas distintas (LASZLO e ROCHA, 2014).

Relação de Bifurcação

Através da rede de canais fluviais gerada em ambiente SIG e sua hierarquização, buscou-se quantificar os números de canais de cada ordem de hierarquia fluvial, para assim realizar a aplicação do parâmetro de relação de bifurcação, tanto para a BHRM, quanto para as suas sub bacias.

A relação de bifurcação (R_b), é um parâmetro proposto por Horton (1945) que é definida como a relação entre o número de ramificações de uma determinada ordem e o número de ramificações de uma ordem superior seguinte. Esta relação pode ser expressa por

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Onde:

N_u = número total de canais de determinada ordem;

N_{u+1} = número total de canais de ordem imediatamente superior.

Para Horton (1945, p. 290) a variação dos valores da relação de bifurcação poderia indicar bacias de drenagem com relevo plano ou ondulado, quando apresentando valores entre 2 e 3; já valores acima de 3 indicariam bacias de drenagem com relevo montanhoso ou altamente dissecado. Entretanto, a presente pesquisa utilizará a Relação de Bifurcação da forma proposta por Verstappen (1983), que relacionou o índice com a influência das estruturas geológicas. Para o autor, R_b varia caracteristicamente entre 3 e 5, indicando baixa influência de estruturas geológicas sob a rede de drenagem. Para valores fora desta faixa, há de se investigar os possíveis controles estruturais como condicionantes de variação do número de canais.

Curva e Integral Hipsométrica

Segundo Strahler (1952), a aplicação da metodologia, que relaciona a área da bacia e a altitude, permite identificar a existência de ciclos de erosão, paleosuperfícies e também o grau de dissecação das bacias hidrográficas. Atualmente tal metodologia foi adaptada ao uso Sistemas de Informação Geográfica (SIG), facilitando a aplicação do modelo.

Ainda de acordo com Strahler (1952), quando ocorrem altos valores (acima de 0,6) da integral hipsométrica (H_i), isto apontaria para um estágio próximo à juventude, com grande quantidade de áreas com altitudes elevadas. Por outro lado, valores entre 0,6 e 0,35 são característicos de relevos em estágio de dissecação madura. Superfícies com estágio erosivo avançado, apresentando paisagens desgastadas e rebaixadas, exibem valores de H_i abaixo de 0,35. Para Grohmann e Ricomini (2012), as curvas suaves em formato de "S" passando pelo centro do diagrama caracterizam paisagens maduras (em equilíbrio) e curvas com concavidade para cima e baixos valores da integral representam paisagens antigas e dissecadas, já as curvas com concavidade para baixo e altos valores da integral são típicas de paisagens jovens, pouco dissecadas (Figura 3).

Seguindo o pressuposto da presente metodologia, foi feito uso das curvas e integrais hipsométricas, para as quatro sub bacias analisadas, bem como para a BHRM, visando estabelecer comparações entre as características das paisagens que compoem tanto as sub bacias da BHRM, quanto da própria BHRM.

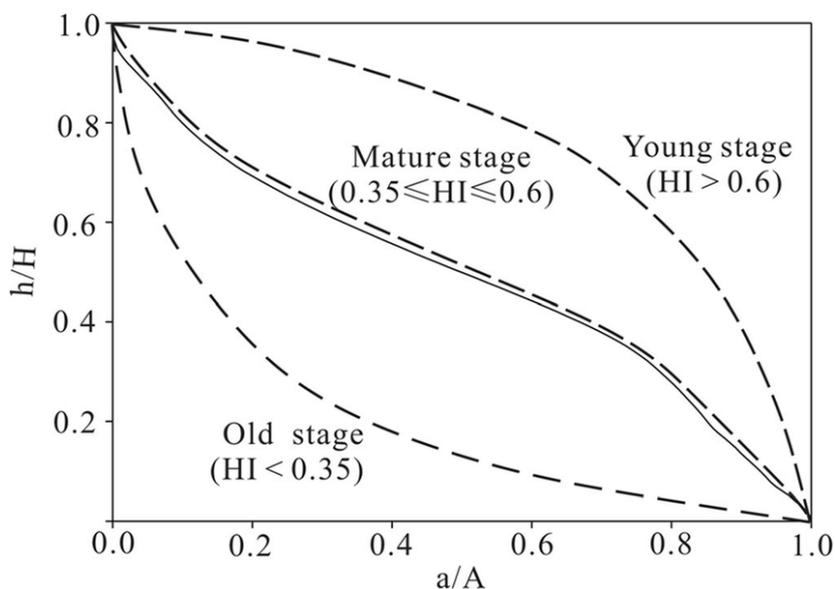


Figura 3. Curva Hipsométrica, proposta por Strahler. **Fonte:** Singh et al. 2008.

Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD)

O FABD é um índice que avalia para qual margem predomina a migração de um rio. De acordo com Hare e Gardner (1984), a assimetria de uma bacia está relacionada à migração preferencial de um determinado canal fluvial. Cox (1994) aponta que a

dinâmica lateral de um rio pode estar vinculada a sua dinâmica interna, do ponto de vista do sistema fluvial, ou possuindo como causa externa provável processo tectônico. Para calcular o índice foi utilizada a proposta metodológica de Hare e Gardner (1984), representado pela seguinte fórmula:

$$FABH = 100 \left(\frac{A_r}{A_t} \right)$$

Onde se multiplica por 100 a razão da área à direita do rio principal (A_r) pela área total da bacia (A_t). O índice pode variar de 0 a 100, onde 50 equivale a uma bacia simétrica (com o canal principal correndo no centro da bacia), valores maiores que 50 indicam um basculamento do canal para a direita e números inferiores a 50 sugerem um basculamento do canal para a esquerda da bacia.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi possível observar a presença de canais até a 6ª ordem, para o contexto geral da bacia, já os afluentes dos rios Inhaúma e alto curso do Mundaú, possuem em sua hierarquização canais de 5ª ordem e os afluentes do rio Canhoto e rio Satuba possuem hierarquização de canais até a 4ª ordem.

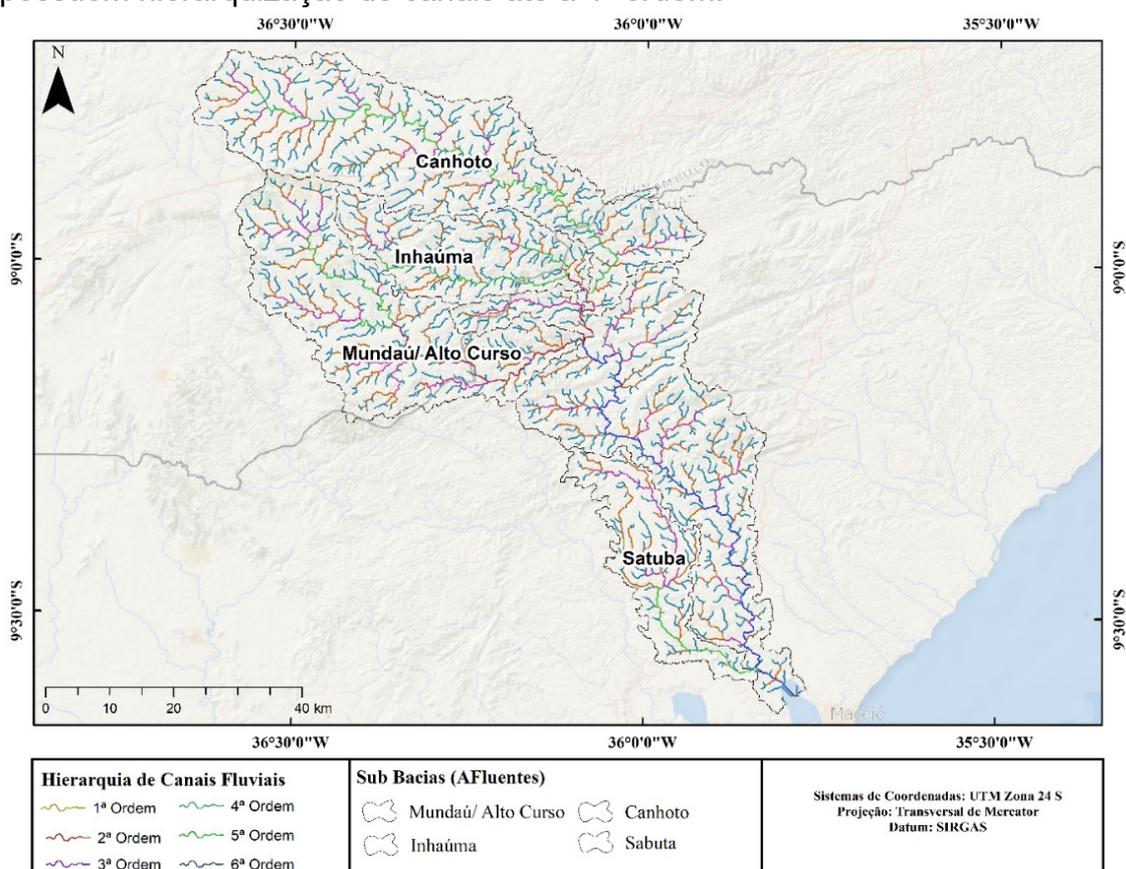


Figura 4. Hierarquização de canais fluviais das Sub bacias da BHRM.

A partir da obtenção dos dados de hierarquização da drenagem, os canais de cada ordem foram quantificados para aplicação da Relação de Bifurcação (Rb). Onde para as quatro sub bacias foram encontrados valores da bifurcação média que variam ente 3,08 e 5,95 (Tabela 1). Para a BHRM como um todo, encontrado o valor de 4,31 (Tabela 2).

Tabela 1. Valores da Relação Bifurcação das Sub Bacias da BHRM.

BACIA	ORDEM DE CANAIS	Nº DE CANAIS	RB	RB MÉDIO
ALTO CURSO/MUNDAÚ	1	222	4,62	3,14
	2	48	4,81	
	3	10	3,33	
	4	3	3	
	5	1	-	
INHAÚMA	1	128	4,74	3,08
	2	27	6,75	
	3	4	2	
	4	2	2	
	5	1	-	
CANHOTO	1	289	4,74	5,95
	2	59	3,93	
	3	15	15	
	4	1	-	
SATUBA	1	79	4,6	3,7
	2	17	8,5	
	3	2	2	
	4	1	-	

Fonte: MELO E MONTEIRO, (2021).

Correlacionando as interpretações propostas acerca da Relação de Bifurcação (Rb), pode-se observar, que as sub bacias dos afluentes do rio Inhaúma, do rio Satuba e do alto curso do rio Mundaú, possuem valores de 3,08; 3,14 e 3,7, esses valores estão contidos dentro do intervalo de 3 a 4, proposto por Horton (1945), representando relevos montanhosos ou altamente dissecados. Através da perspectiva de Verstappen (1983), é possível observar que estas bacias não apresentam indícios numéricos de controle estrutural sobre sua drenagem. Apresentando substrato rochoso, as sub bacias do alto curso do Mundaú e do rio Inhaúma possuem certa disparidade com a sub bacia do rio Satuba, esta última apresenta grande quantidade de área coberta por formações cenozoicas, em especial do Grupo Barreiras.

Nas áreas onde estão contidas as sub bacias do alto curso do Mundaú e do rio Canhoto predominam rochas cristalinas, ígneas e metamórficas, datadas do mesoproterozoico e neoproterozoico. Já a sub bacia do rio Satuba, em grande parte da sua área, é recoberta por rochas sedimentares datadas do cenozóico, contudo é possível observar uma área menor composta por rochas metamórficas, separadas por uma falha.

Se tratando a bacia do rio Canhoto, tem-se o valor de Rb Médio mais alto (5,95), extrapolando os intervalos propostos por Horton e Verstappen. Esta sub bacia drena o mesmo contexto litológico e morfoestrutural que as sub bacias do Alto curso do Mundaú e Inhaúma, porém apresenta a presença de falhas e/ou zonas de cisalhamento em maior quantidade que as registradas nas demais que a cortem. É interessante destacar que mesmo com a presença de tais estruturas a sub bacia do rio Canhoto não possui valores baixos de RB médio, indicando que assim como as outras sub bacias que compartilham da mesma característica litológica, não possui influência de estrutura litológica sobre a hierarquização da drenagem.

Dentro com contexto geral da BHRM, é possível observar que o valor de RB Médio, corrobora com as informações supracitadas acerca das sub bacias analisadas, desta forma também dentro de seu contexto geral, a BHRM como um todo possui pouca influência de estruturas sobre a drenagem, bem como não apresenta características de relevo montanhoso ou altamente dissecado, como apontam as interpretações apresentadas acerca da Relação de Bifurcação.

Tabela 2. Valores da Relação Bifurcação da BHRM.

BACIA	ORDEM DE		RB	RB MÉDIO
	CANAIS	Nº DE CANAIS		
MUNDAÚ	1	1045	4,70	4,31
	2	222	4,93	
	3	45	6,42	
	4	7	3,5	
	5	2	2	

Fonte: MELO E MONTEIRO, (2021).

Ao analisar os resultados de acordo com a interpretação de Verstappen (1983), as drenagens das sub bacias analisadas possuem pouca influência das estruturas geológicas. Tal informação pode estar diretamente relacionada com a configuração pertencente ao planalto da Borborema, tendo em vista a sua relação com a dissecação do relevo regional, na área onde a BHRM está inserida, influenciada pelo contexto ao sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco-Alagoas.

Corroborando com as interpretações supracitadas acerca da relação de bifurcação, as curvas hipsométricas foram plotadas em gráfico, em conjunto com os seus respectivos valores de integral (Figura 5).

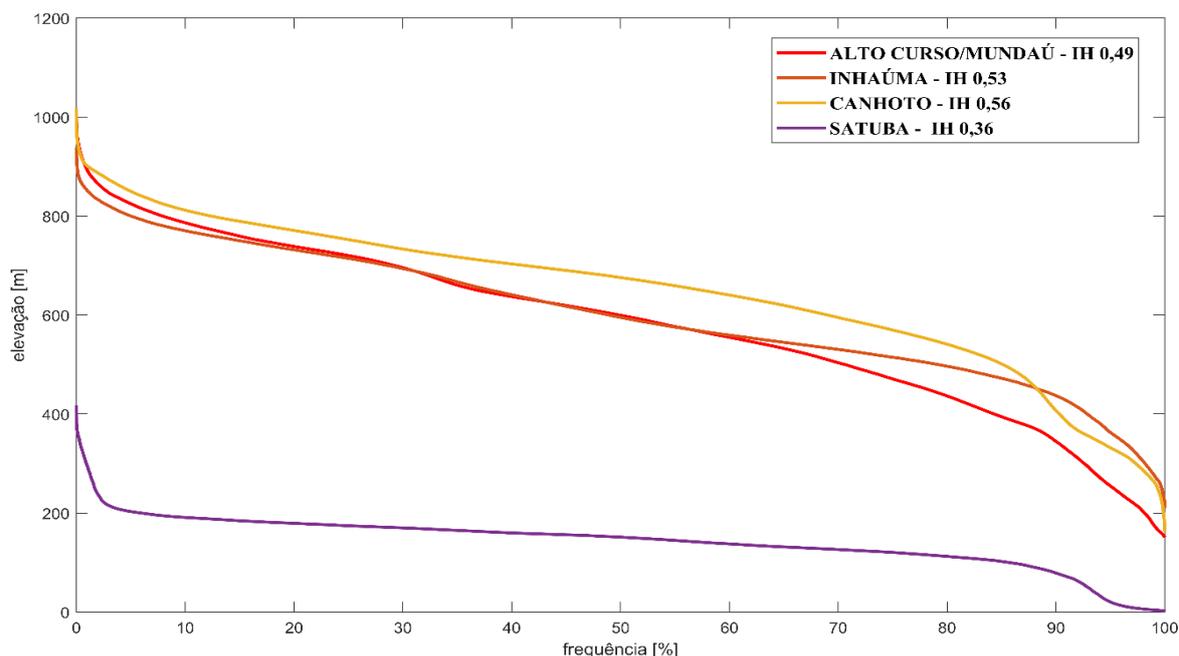


Figura 5. Curvas Hipsométricas das Sub bacias da BHRM.

Os valores das integrais hipsométricas tiveram um intervalo entre os valores de 0,36 a 0,56. O maior valor da integral foi observado na sub bacia do rio Canhoto (0,56) e o menor valor encontrado na sub bacia do rio Satuba (0,36). De acordo com a interpretação dos valores das integrais hipsométricas, as quatro sub bacias estão contidas em um estágio de evolução de relevo classificado como maduro. Ao se observar as formas das curvas tem-se concordância com o valor da integral para três das quatro sub bacias, a exceção é a sub bacia do rio Satuba, que se justifica pela aproximação do valor de sua integral (0,36) com o valor de 0,35 que indica um relevo senil, como apontou Strahler (1952). Ressalta-se que a sub bacia do rio Satuba é a que drena a área com maior quantidade de coberturas sedimentares cenozoicas, além de ser a que se encontra mais a jusante em relação a todas aqui analisadas.

No que diz respeito a forma e valor da curva e integral hipsométrica para toda a BHRM, os valores também corroboram com o contexto observado a partir da análise das sub bacias dos afluentes, possuindo um valor de 0,44 que indica um relevo em estágio maduro (Figura 6).

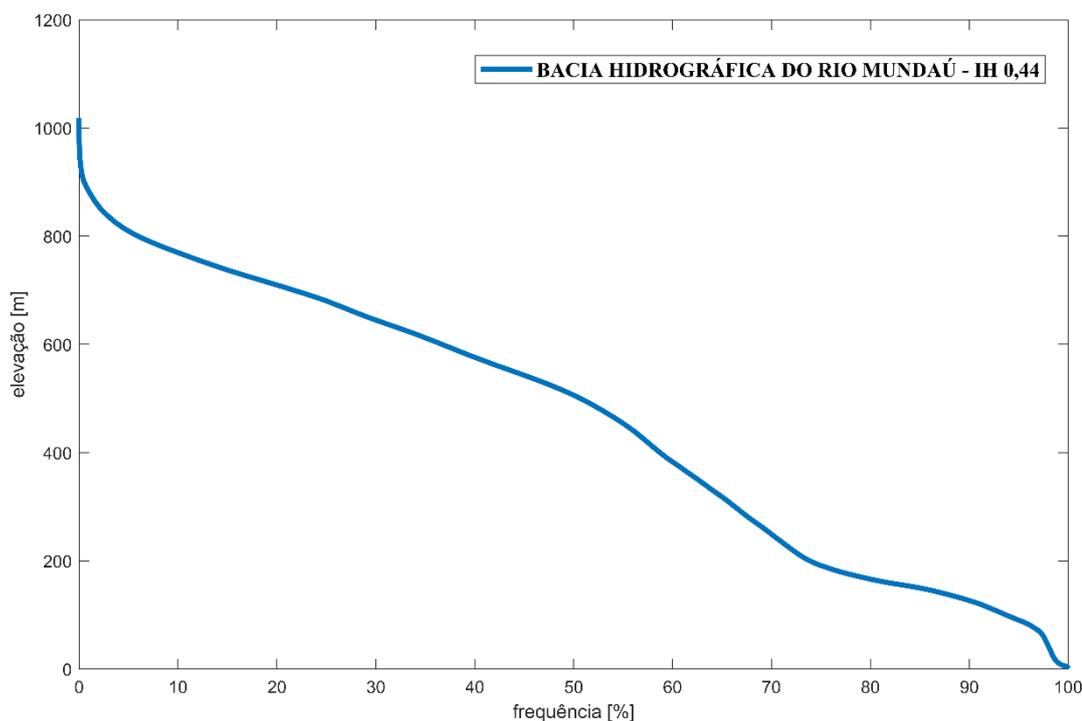


Figura 6. Curva Hipsométrica da BHRM.

Com a aplicação do Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD) foram encontrados valores entre 62,9 e 27,3 onde, de acordo com a interpretação desta técnica, apenas a sub bacia do alto curso do Mundaú possui valor superior a 50 (Tabela 3), indicando um basculamento para a direita, enquanto as outras três sub bacias possuem valores inferiores a 50, indicando um basculamento à esquerda.

Tabela 3. Valores de Assimetria das Sub bacias da BHRM.

Bacia	Ar (m ²)	At (m ²)	FABD
MUNDAÚ	2.785,790	4.105,390	67,8568

Fonte: MELO E MONTEIRO, (2021).

Outro fator que se destaca dentro da análise é o fato de que todas as sub bacias que possuem basculamento em seu flanco esquerdo possuem a presença de falhas e zonas de cisalhamento identificadas. Pode-se postular que tais falhas e zonas de cisalhamento possuem influência sobre o basculamento de tais bacias.

Já com relação aos valores de assimetria das sub bacias, a BHRM apresenta uma maior semelhança com a sub bacia do alto curso do Mundaú, com basculamento para a direita (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de Assimetria das Sub bacias da BHRM.

Bacias	Ar (m ²)	At (m ²)	FABD
ALTO CURSO/MUNDAÚ	561,61989	892,850577	62,901891
INHAÚMA	123,19352	450,166304	27,366224
CANHOTO	555,81968	1.215,79435	45,716587
SATUBA	143,835434	371,027904	38,766743

Fonte: MELO E MONTEIRO, (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do uso das curvas e integrais hipsométricas, em consonância com a relação de bifurcação, é possível estabelecer indícios de baixa influência da estrutura geológica sobre a rede de drenagem, com o relevo apresentando características de senilidade e maturidade, quando se faz uso das interpretações clássicas da curva e integral hipsométrica. Observa-se, portanto, uma paisagem onde a drenagem atua sem maiores empecilhos, promovendo seu processo de denudação.

Com relação aos possíveis controles estruturais no contexto de bacia, com a aplicação do Fator de Assimetria de Bacia, foi possível observar que em sua maioria as sub bacias analisadas apresentaram basculamento em seu flanco esquerdo, apenas uma das quatro bacias apresentaram basculamento em seu flanco direito;

Desta forma, diante da presente abordagem, é possível afirmar que se tratando da drenagem e sua dinâmica, não há controle estrutural significativo na BHRM, tendo em vista a sua homogeneidade do substrato geológico, com exceção de algumas áreas sedimentares da sub bacia do rio Satuba. Contudo, se tratando do contexto geotectônico, ressalta-se o basculamento de blocos dos flancos esquerdos da maioria das sub bacias analisadas, com possível relação a presença de falhas e zonas de cisalhamento na extensão da BHRM.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa e Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Alagoas (PPGG/UFAL) pelo apoio técnico e administrativo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Jonas Melo e Kleython Monteiro. **Metodologia:** Jonas Melo e Kleython Monteiro. **Análise formal:** Jonas Melo e Kleython Monteiro. **Pesquisa:** Jonas Melo e Kleython Monteiro. **Recursos:** Jonas Melo e Kleython Monteiro. **Preparação de dados:** Jonas Melo. **Escrita do artigo:** Jonas Melo e Kleython Monteiro. **Revisão:** Kleython Monteiro. **Supervisão:** Kleython Monteiro. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- BRUNSDEN, D., J. B. THORNES. "Landscape Sensitivity and Change." Transactions of the Institute of British Geographers, v. 4, n. 4, p. 463-484, 1979.
- 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, v. 31 (1/2), p.35-52, 2010.
- CORREA, A. C. B.; MONTEIRO, K. A. Revisitando as superfícies de aplainamento: novos enfoques e implicações para a geomorfologia geográfica. Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, v. 1, p. 1-26, 2021.
- 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.
- CRICKMAY, C.H. A preliminary inquiry into the formulation and applicability of the geological principle of uniformity. Calgary, Evelyn de Mille Books, 53p, 1959.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – Geologia. Folhas Aracaju e Recife. Brasília: CPRM, 2009. Escala 1:1.000.000.
- DAVIS, W.M. The geographical cycle. Geographical Journal, v.14, p.481-504,1889.
- GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C. Análise digital de terreno e evolução de longo-termo de relevo do centro-leste brasileiro. Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 12, n. 2, p. 12-150, 2012.
- HACK, J. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. Amer. Journal of Science, v. 1, n. 4, p. 80-97, 1960.
- HARE, P.W; GARDNER, T.W. Geomorphic Indicators of Vertical Neotectonism along Converging Plate Margins, Nicoya Peninsula Costa Rica. In: Morisawa, M. and Hack, J.T. Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium. 15 ed. Boston, Allen and Unwin, 1985. p. 123-134.
- 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.
- HOWARD, A.D. Geomorphological systems-equilibrium and dynamics. American Journal Science, v.263, p.302-312, 1965.
- LASZLO, M. J; ROCHA, P.C. Composição hierárquica dos canais fluviais das bacias hidrográficas dos rios aguapé e peixe. Revista geonorte edição especial 4, v. 10, n.1 p. 28 -32, 2014.
- LEOPOLD, L. B; LANGBEIN, W. B. The concept of entropy in landscape evolution: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 500-A, v. 20, n.1 p 1-13, 1962.
- MARCUZZO, F. N; ROMERO, V; CARDOZO, M. R. D. Detalhamento Hidromorfológico da bacia do rio Mundaú. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

RECURSOS NÍDRICOS, XIX, Maceió. **Anais** [...]. Alagoas: ABRHidro, 2011. p. 01 – 19.

MONTEIRO, K. A.; CORRÊA, A. C. B. Análise dos perfis longitudinais dos rios Sirinhaem, Una e Mundaú (PE/AL) a partir da aplicação do índice de Hack. *Revista Contexto Geográfico Maceió-AL* v.1. n.1, p. 85 – 93, 2016.

PENCK, W. *Morphological analysis of land forms: a contribution to physical geology*; trad. de Hella Czech. e Catherine C. Boswell. London, Macmillan. 429p., 1953.

SILVA, T.M; SANTOS, B.P. Sistemas de drenagem e evolução da paisagem. *Revista Geográfica Acadêmica* v.4, n.1, p. 5-19, 2010.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology: *Am. Geophys. Union Trans.*, v. 38, no. 6, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, v. 63, p. 1117-1142, 1952.

VARGAS, K.B.; SORDI, M.V. Integral Hipsométrica Aplicada A Bacias Hidrográficas Em Áreas De Borda Planáltica No Centro Norte Paranaense. In: XI SINAGEO, 11., 2016, Maringá. **Anais** [...]. Maringá: UFPR, 2016, p. 1-5.

VERSTAPPEN, H. T. *Applied Geomorphology geomorphological surveys for environmental development*. ed. New York: Elsevier, 1983. p. 57–83.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0