Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Verificação da influência da imposição litoestrutural sobre a drenagem da bacia hidrográfica do Rio Baiano/Assis Chateaubriand-PR a partir da aplicação de variáveis morfométricas

Ordilei Aparecido Gaspar de Melo ¹, Nelson Douhi ^{2*}, Pedro França Junior ³, Manoel Luíz dos Santos ⁴

¹ Mestrando em Geografia. Universidade Estadual de Maringá (UEM).

² Professor Ms. da Unimeo-Ctesop-Assis Chateaubriand-PR.

³ Mestrando em Geografia. Universidade Estadual de Maringá (UEM).

⁴ Professor Dr. da Universidade Estadual de Maringá. Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA).

Artigo recebido em 12/05/2010 e aceito em 21/06/2010

RESUMO

Os parâmetros morfométricos representam uma ferramenta importante quando aliada aos estudos geomorfológicos, por atentarem à compreensão dos condicionantes do equilíbrio ou desequilíbrio do sistema fluvial. Este estudo adota uma proposta de análise denominada RDE (relação declividade *vs* extensão) também designada de *Stream-Gradient Index*. Os índices apresentados se referem à bacia hidrográfica do rio Baiano no município de Assis Chateaubriand-PR e evidenciam a influência litológica sobre a organização espacial da rede de drenagem e dos processos associados. A área localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense, com litologia de rochas eruptivas básicas da Formação Serra Geral. Estruturalmente recebe influência de linhas de falhas e fraturas direcionadas SE-NW e SW-NE predominantemente, que condicionam o desenvolvimento e direção dos eixos de drenagem. Ao longo dos 22,85km do rio Baiano foram identificados seis segmentos, sendo detectados trechos em equilíbrio e com anomalias de 1ª e 2ª ordem. Verificou-se que os lineamentos estruturais condicionam inflexões na linha do talvegue e constituem um fator preponderante para a ocorrência de anomalias, influenciando no padrão de drenagem da bacia e na sinuosidade do canal.

Palavras-chave: Litologia, análise morfométrica, bacia hidrográfica, anomalias de drenagem.

Verification of the influence of levy on the drainage of litoestrutural hydrographic basin Baiano River/Assis Chateaubriand-PR from the application of morphometric variables

ABSTRACT

The morphometric parameters represent an important tool when coupled to geomorphological studies, look for the understanding of the limitations of balance or imbalance of the river system. This study adopts a proposal for a review called RDE (slope ratio *vs* extension) also called *Stream-Gradient Index*. The rates shown refer to the river basin Baiano in the municipality of Assis Chateaubriand Pr-and show the lithological influence on the spatial organization of the network of drainage and associated processes. The area is located in the Planalto Paranaense Third, lithology of rocks with erosive basic training Serra Geral. Structurally receives influence lines of faults and fractures directed SE-NW and SW-NE predominantly affecting the development and direction of the main drainage. Over 22,85km from the river Baiano six segments were identified, and found parts in balance and abnormalities in 1st and 2nd order. It was found that the guidelines determine structural changes in the line of talvegue and are a predominant factor for the occurrence of anomalies, influencing the pattern of drainage basin and the sinuosity of the channel.

Keywords: Lithology, morphometric analysis, hydrographic basin, draining anomalies.

Introdução

Os canais fluviais apresentam ao longo de seu perfil longitudinal, uma distinção entre seus vários segmentos, comprovando assim a dinamicidade do sistema. A representação longitudinal de um canal pode ser uma ferramenta muito importante quando

aliada a estudos geomorfológicos por atentar à compreensão dos condicionantes que equilibram ou desequilibram o sistema fluvial.

Neste sentido, Hack (1973) elaborou uma proposta de análise chamada de índice RDE (relação declividade *vs* extensão) também designada de *Stream-Gradient Index* ou simplesmente índice SL, relação *Slope vs Length* (declive da drenagem ou de um determinado

* E-mail para correspondência: nelsondouhy@bol.com.br, mldsantos@uem.br, ordmelo@hotmail.com.

trecho desta vs extensão da drenagem ou de um trecho específico), aplicando esse índice para estudos referentes à neotectônica em vários contextos geológicos. Ele propôs este índice como um elemento bastante prático para a determinação de “anomalias” significativas na concavidade natural do perfil longitudinal, o que possibilitou a normalização dos valores de gradiente e a identificação de anomalias de drenagem em cada trecho de seu curso.

Etchebehere et al. (2006) afirmam que os índices de RDE são indicadores sensíveis de mudanças na declividade de um canal fluvial, que, por sua vez podem estar associadas a desembocaduras de tributários com caudal expressivo, a diferentes resistências à erosão hidráulica do substrato rochoso e/ou atividade tectônica.

A utilização desse índice permite detectar, no perfil longitudinal de um rio, alterações no seu curso, uma vez que relaciona a declividade do canal com a extensão do respectivo trecho, fornecendo assim, um índice para comparação de trechos fluviais de diferentes magnitudes (Martinez, 2004).

Segundo Cunha (1996), o perfil longitudinal de um rio sofre contínuas alterações, devido às variações no escoamento e na carga sólida, o que acarreta muitas irregularidades no seu leito como as corredeiras e as depressões. Ao longo do canal, o rio tenta eliminar essas irregularidades, na tentativa de adquirir um perfil longitudinal côncavo e liso, com declividade suficiente para transportar a sua carga. Outros fatores influenciam no perfil longitudinal tais como a confluência de tributários, as variações na resistência à erosão do substrato rochoso, a erosão remontante por mudança brusca em nível de base à jusante ou ainda as deformações neotectônicas locais ou na bacia de drenagem (Acklas Jr. et al., 2003).

Normalmente, os rios ao longo de seu curso possuem vários segmentos, trechos em equilíbrio (ajustados) e em desequilíbrio (desajustados). Neste contexto, Carlston (1969) ressalta que os trechos em equilíbrio apresentam inclinações suaves e constantes no perfil longitudinal, já os trechos em desajustes apresentam irregularidades ou mesmo deformações em seu traçado.

De acordo com Fujita et al. (2008), os estudos sobre o perfil longitudinal em rios brasileiros são escassos, restringindo-se a poucos trabalhos, dentre estes podem ser citados o de Etchebehere (2000) no rio do Peixe-SP; Martinez (2005) no rio Pirapó – PR; Guedes et al. (2006) e Guedes (2008) no rio Santo Anastácio-SP. Esses autores usam a análise do índice de gradiente (RDE) para a identificação de anomalias em bacias de drenagem, a fim de entender a evolução da rede de drenagem e do seu substrato rochoso.

Para poder compreender o traçado de um canal fluvial é necessário que seja feito um estudo detalhado levando em conta a geologia, a evolução morfogenética bem como o estudo das mudanças na morfologia, sinuosidade e sua estrutura de fluxo (Demoulin, 1998).

Dentre os estudos de parâmetros morfométricos e análise dos padrões de drenagem em bacias hidrográficas, podemos citar os trabalhos de Horton (1945), que desenvolveu um sistema de classificação,

ordenamento e hierarquização para a rede de drenagem, Straller (1952), por sua vez, propôs alterações para essa classificação que são as mais utilizadas atualmente, Villela e Mattos (1975), associam parâmetros morfométricos ao papel hidrológico das bacias de drenagem. Garbossa (2003) utilizou parâmetros morfométricos para o estudo do controle litoestrutural na organização espacial da bacia do rio Tagaça no Paraná. Back (2006) realizou um estudo ambiental da bacia hidrográfica do rio Urussanga em Santa Catarina através da utilização de variáveis morfométricas.

O reconhecimento do padrão de drenagem também pode ser uma excelente ferramenta para verificar a conformação da rede de drenagem às litoestruturas. De acordo com Rodrigues-Iturbe et al. (1992), as drenagens dendríticas constituem os sistemas de drenagem mais eficientes, significando que sua organização permite minimizar o gasto total de energia dentro do sistema, e o controle estrutural modifica o padrão dendrítico, então o reconhecimento do padrão de drenagem permite avaliar não somente uma variação na disposição dos canais, mas também a variação na distribuição de energia dentro dos sistemas de drenagem, ou seja, estabilidade funcional do mesmo.

Reconhecendo-se o trabalho da rede de drenagem e as alterações em seu percurso, decorrentes das áreas de maior e menor energia, este trabalho visa analisar o perfil longitudinal do rio Baiano através da aplicação do índice RDE para identificação de anomalias de drenagem ao longo do curso principal. Também serão inferidos os valores do índice de sinuosidade e o padrão de drenagem, para assim realizar uma associação com os processos geomorfológicos atuantes na área. Tal exercício poderá contribuir para o fornecimento de informações sobre as forças atuantes neste sistema fluvial, auxiliando para o avanço dos estudos sobre o referido rio, podendo dar subsídios para trabalhos futuros.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do rio Baiano que ocupa uma área de drenagem de 69,78km² e está localizada no setor Norte do município de Assis Chateaubriand-PR, encontrando-se quase integralmente no espaço rural, entre as latitudes 24°14'48'', 24°24'59''S e longitudes 53°29'20'', 53°33'38''W (Figura 1).

O rio Baiano constitui-se num canal de 4º ordem que nasce na cota altimétrica de 380m, percorrendo uma extensão de 22.850 m até desaguar no rio Piquiri na cota altimétrica de 260m. A bacia hidrográfica do rio Baiano desenvolve-se exclusivamente sobre as rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral (Kr). Estas litologias, segundo Pinese e Nardy (2003), formam globalmente um dos mais extensos eventos vulcânicos de natureza fissural. Recobrem, aproximadamente, 75% de toda a superfície da Bacia Sedimentar do Paraná. Esse evento magmático ocorreu há 132M.a. A.P. e se estendeu por um período de tempo relativamente curto cerca de 1,1M.a.

Figura 1. Localização da área de estudo: Bacia hidrográfica do rio Baiano localizada no setor Norte do município de Assis Chateaubriand-PR.

A Formação Serra Geral aflora em todo o território do município e é responsável pela conformação topográfica em mesetas e platôs elevados do seu relevo (MINEROPAR, 2006). Os afloramentos rochosos em blocos e/ou matações que ocorrem na bacia em questão, são restritos a algumas áreas de maior declividade.

Quanto à geomorfologia, o município de Assis Chateaubriand está inserido na unidade morfoescultural denominada Terceiro Planalto Paranaense, subunidade Planalto de Cascavel, apresentando altitudes variando de 240 a 920m (Santos et al., 2006). Estruturalmente a área estudada recebe influência de linhas de falhas e fraturas direcionadas de SE-NW e SW-NE predominantemente, que condicionam o desenvolvimento e direção dos eixos de drenagem.

O relevo da área de estudo apresenta-se modelado por colinas e pequenos espigões de topos suavemente aplainados, com o predomínio de vertentes retilíneas, baixa dissecação do relevo e vales predominantemente em “V”. Os espigões constituem divisores de água secundários, os vales mais profundos encontram-se no médio curso do rio Baiano. O setor Leste da bacia possui relevos mais movimentados, referentes à maior diversidade de rios que cortam a paisagem.

O regime climático se caracteriza segundo classificação de Köppen (1948) como Cfa – Clima Subtropical Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e geadas menos frequentes (Maack, 1981). A precipitação anual é em média de 1250 a 1500mm.

A cobertura vegetal natural característica da área, bem como em todo o oeste paranaense, era densa e exuberante, constituída pela Floresta Estacional Semidecidual, a qual, de acordo com Maack (1981), é formada por árvores que chegavam de 30 a 40m de altura, dentre elas, espécies como a peroba, canela, cedro, pau d’alho, ipês, imbuías, entre outras.

A derrubada da mata nessa região teve início em meados do século XX, quando os desbravadores voltaram seus olhos para a então conhecida “terra roxa”, um solo muito favorável às práticas agrícolas.

Desde então houve uma acelerada substituição da cobertura vegetal natural pelo plantio de café e hortelã, e nos últimos anos pelas culturas temporárias de trigo, soja e milho. Atualmente, a vegetação predominante na área de estudo se caracteriza pela ocorrência de fragmentos isolados de mata em Áreas de Preservação Permanente (APPs), como a mata ciliar, reserva legal e horto florestal, sendo, assim, remanescentes da cobertura vegetal original. De modo geral, a vegetação primária encontra-se extremamente reduzida pela exploração excessiva ocorrida desde meados do século XX.

Material e métodos

Para este estudo, foram elaborados o perfil longitudinal e a análise do índice de gradiente (RDE) para o rio Baiano, afluente da margem esquerda do rio Piquiri. Para a confecção do perfil longitudinal, foram utilizadas três cartas topográficas na escala 1:50.000 do Ministério do Exército, folhas de Assis Chateaubriand (MI 2800-4), Iporã (MI 2800-2) e Formosa do Oeste (MI 2801-3) e um curvímeter analógico para a coleta de algumas variáveis morfométricas.

O RDE foi calculado por trecho e em sua totalidade por meio das equações propostas por Hack (1973):

$$\text{RDE trecho} = (\text{DH}/\text{DL}) \times L \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{RDE total} = (\text{DH}/\text{Log } n) \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: DH é a diferença altimétrica entre dois pontos selecionados do curso d’água, DL é o comprimento do trecho analisado, L corresponde à extensão acumulada do rio até o ponto médio do trecho onde o índice RDE está sendo calculado e Log n é o logaritmo natural do canal.

Nesse estudo foi considerado que os valores de RDE de cada trecho (razão entre RDE trecho/RDE total) entre os limiares 2 a 10 são anomalias de 2ª ordem e valores de RDE acima de 10 são anomalias de 1ª ordem, como sugerido por Etchebehere (2000) para o rio do Peixe.

- Determinação do comprimento do canal principal (L), de seu equivalente vetorial (Ev) (canal principal medido em linha reta);

- A sinuosidade do curso d’água (Sin) foi determinada pela relação: $\text{Sin} = L/\text{Ev}$. Onde: L = Comprimento do canal principal e Ev = equivalente vetorial;

- A densidade de drenagem (Dd) foi calculada com base na relação entre o comprimento total dos canais de escoamento e a área total. Essa relação pode ser definida pela expressão: $\text{Dd} = L/A$.

Onde: Dd = densidade da drenagem, L = comprimento total dos canais, A = área da bacia.

Para a inferência do padrão de drenagem da área de estudo foi utilizada a proposta de Christofolletti (1980) expressa pela Figura 2.

Figura 2. Exemplos de padrões de drenagem. Fonte: Adaptado de Christofolletti (1980).

Resultados e discussão

O rio Baiano possui 22,85km de extensão, com amplitude altimétrica de 120m e um desnível altimétrico médio de 5, 25m/km (Tabela 1). O perfil longitudinal do rio Baiano encontra-se, na sua maior parte, em desajuste fluvial, podendo ser identificados dois trechos em subsidência e um em ascensão (Figura 2). Para tanto, adotaram-se, de modo arbitrário, afastamentos iguais ou superiores a 10m da linha de melhor ajuste como indicativos de prováveis anomalias, conforme proposto por Guedes et al. (2006).

Tabela 1. Resumo dos elementos referentes à análise areal e da drenagem da bacia do rio Baiano.

Parâmetros	Valores
Área (A)	69,78km ²
Comprimento do canal principal (L)	22,85km
Desnível altimétrico médio do canal principal	5,25m/km
Equivalente vetorial (Ev)	17,40km
Sinuosidade do canal principal (Sin)	1,33
Número de segmentos de canais (N)	58
Extensão dos canais fluviais (LT)	57,22km
Densidade de drenagem (Dd)	0,820km/km ²

O rio Baiano possui 22,85km de extensão, com amplitude altimétrica de 120m e um desnível altimétrico médio de 5, 25m/km. O perfil longitudinal do rio Baiano encontra-se, na sua maior parte, em desajuste fluvial, podendo ser identificados dois trechos em subsidência e um em ascensão (Figura 2). Para tanto, adotaram-se, de modo arbitrário, afastamentos iguais ou superiores a 10m da linha de melhor ajuste como indicativos de prováveis

anomalias, conforme proposto por Guedes et al. (2006).

A partir da aplicação dos índices de RDE para a análise do perfil longitudinal do rio Baiano pôde-se verificar que as anomalias estão distribuídas em cinco dos seis trechos analisados ao longo do canal, ou seja, índices acima de 2 (Tabela 2). O trecho 1, entre as cotas de 380 a 360m apresentou equilíbrio com índice de RDE inferior a 2. As anomalias de 2ª ordem estão compreendidas nos trechos 2, 3, 4 e 6 entre as cotas de 360 a 340, 340 a 320, 320 a 300 e 280 a 260m (Figura 3). O trecho entre as cotas de 300 a 280m corresponde a uma anomalia de 1ª ordem, possuindo índice de RDE acima do limiar 10 (10,0090448).

Figura 3. Perfil longitudinal do rio Baiano.

A sinuosidade do canal principal foi determinada pelo índice (Sin) de 1,33. Segundo Christofolletti (1980), valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, já os valores superiores a 2,0 sugerem canais irregulares. Através do valor encontrado, pode-se verificar que o canal principal (rio Baiano) possui baixa sinuosidade, comprovando a influência da orientação estrutural (Figura 4).

Considerações finais

A bacia do rio Baiano se constitui uma área bem drenada 0,820km/km², possuindo rios de até quarta ordem. De acordo com Villela e Mattos (1975), o valor da densidade de drenagem pode variar de 0,5km/km² para bacias com drenagem pobre e de até 3,5 km/km² para bacias excepcionalmente bem drenadas. Borsato (2005), estudando a bacia hidrográfica do córrego Moscado-PR com cerca de 26,9km² encontrou o valor de 0,50km/km² para a densidade de drenagem, constituindo-se assim, em uma área de drenagem pobre.

O padrão de drenagem da bacia apresenta-se sub-paralelo, sendo assim, sua disposição em planta, pode expressar a interferência do controle litoestrutural, através do afastamento ao padrão dendrítico, pode-se afirmar que a direção dos alinhamentos estruturais SE-NW e SW-NE predominantemente, condicionam as principais direções da rede de canais.

Neste trabalho verificou-se que o perfil longitudinal do rio Baiano possui trechos anômalos desde o alto curso até a sua foz. Ao distribuir espacialmente as anomalias encontradas, verifica-se que as anomalias de 2ª ordem estão relacionadas a lineamentos estruturais (presença de falhas e fraturas).

Tabela 2. Resumo das variáveis morfométricas do rio Baiano. RDE total = 11,95585, log n = 10,03693, DH = 120.

Trecho	Cota Superior	Cota Inferior	Diferença Altimétrica (m)	Extensão do trecho	Extensão Total	Declividade	RDE trecho	RDE Total	RDE Trecho/ RDE Total
1	380	360	20	1100	1100	0,018182	20,00000	11,95585	1,67282087
2	360	340	20	4555	5655	0,004391	24,82986	11,95585	2,07679517
3	340	320	20	2500	8155	0,008000	65,24000	11,95585	5,45674166
4	320	300	20	5300	13455	0,003774	50,77358	11,95585	4,24675561
5	300	280	20	2700	16155	0,007407	119,6667	11,95585	10,0090448
6	280	260	20	6700	22855	0,002985	68,22388	11,95585	5,70631655

Figura 4. Geologia da área de estudo com orientação das falhas e fraturas e trechos medidos ao longo do curso do rio Baiano.

A anomalia de 1ª ordem encontrada para o rio Baiano possui uma extensão de cerca de 2700m, localizada na transição entre o médio e o baixo curso do rio em estudo, nesse trecho há a presença da confluência de tributários de maior volume, além de lineamentos do relevo que condicionam uma inflexão na linha do talvegue. Diante dos resultados expostos, levando-se em consideração o contexto litológico da área e sua resistência à erosão, assume-se que as anomalias encontradas no perfil longitudinal do rio Baiano podem estar vinculadas a imposição estrutural através do lineamento e orientação das falhas e fraturas e a confluência de tributários de maior caudal. As condições impostas pelas estruturas também influenciam o padrão de drenagem da bacia, além de contribuir para que o canal do rio Baiano

tenha baixo índice de sinuosidade, apresentando trechos retos, característicos em rios estruturalmente controlados.

Referências

- Acklas Jr., R.; Etchebehere, M.L.C.; Casado, F.C. 2003. Análise de perfis Longitudinais de drenagens do Município de Guarulhos para a detecção de deformações neotectônicas. *Revista UnG – Geociências*, 6, 8, 64-78.
- Back, A.J. 2006. Análise Morfométrica da bacia do Rio Urussanga-SC. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Uberlândia-MG, 7, 2. Selma Simões de Castro.
- Bigarella, J.J.E.; Mazuchowski, Y.Z. 1985. Visão integrada da problemática da erosão. In: *Simpósio Nacional de Controle de Erosão*, Maringá. ABGFE, ADEA.

- Borsato, F.H. 2005. Caracterização Física das Bacias de Drenagem do Município de Maringá e os Postos de Combustíveis como Potenciais Poluidores. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá.
- Carlston, C.W. 1969. Longitudinal slope characteristics of rivers of the mid-continent and the Atlantic east Gulf slopes. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology, XIV, 4.
- Crhistofoletti, A. 1980. Geomorfologia. 2ª Ed., São Paulo, SP: Edgard Blucher.
- Demolin, A. 1998. Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of the Ardenne (Belgium, NW Europe). Geomorphology, 24, 189-208.
- Etchebehere, M.L.C. 2000. Terraços neo-quaternários no vale do rio do Peixe, planalto ocidental paulista: Implicações estratigráficas e tectônicas. Tese de doutorado, UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP.
- Fujita, R.H.; Gon, P.P.; Stevaux, J.C.; Santos, M.L.; Etchebehere, M.L.C. 2008. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. Congresso Brasileiro de Geologia. Curitiba, PR.
- Garbossa, R.A. 2003. O controle litoestrutural na organização espacial da bacia do rio Tagaçaba (Paraná). Dissertação (Mestrado em Geologia ambiental) Universidade Federal do Paraná.
- Guedes, I.C.; Santoni, G.C.; Etchebehere, M.L.C.; Stevaux, J.C.; Morales, N.; Saad, A.C. 2006. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Inácio(SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. Revista UNG - Geociências, 5, 1, 75-102.
- Hack, J.T. 1973. Stream-profile analysis and stream-gradient index. U.S. Geol. Survey, Jour. Research, 1, 4, 421-429.
- Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, 56, 275-370.
- Köppen, W. 1948. Climatologia. Com um estudo de los climas de La tierra. In: IAPAR. Cartas climáticas Básicas do Estado do Paraná, Londrina.
- Mineropar. 2006. Avaliação Geológica e Geotécnica para o Planejamento Territorial e Urbano do Município de Assis Chateaubriand. Relatório final. Curitiba – PR: 2006.
- Rodríguez-Iturbe, I., Rigon, R., Bras, R.L.; Ijjasz-Vasquez, E. 1992. Energy Dissipation, Runoff Production and the Three-Dimensional Structure of River Basins. Water Resources Research, 28, 4, 1095-1103.
- Straller, A.N. 1952. Dynamic basin of geomorphology. Geological Society of America Bulletin, 63, 923-938.
- Schumm, S.A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. Geological Society of America Bulletin. 67, 597-646.
- Pinese, J.P.P.; Nardy, A.J.R. 2003. Contexto Geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto Paranaense. In: I Encontro Geotécnico Do Terceiro Planalto Paranaense. Maringá. Anais... Maringá: UEM, 2003. 1 CD ROM.
- Villela, S.M.; Mattos, A. 1975. Hidrologia Aplicada. São Paulo-S.P. McGraw-Hil do Brasil.