



www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 20, nº 1 (2019)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1506>



### ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO BARRA GRANDE – OESTE DE SANTA CATARINA

### MORPHOMETRIC ANALYSES OF THE BARRA GRANDE RIVER BASIN – WEST OF SANTA CATARINA STATE

**William Zanete Bertolini**

*Universidade Federal da Fronteira Sul*

*Rodovia SC-484, km 02, Chapecó, Santa Catarina. CEP: 89815-899. Brasil*

*E-mail: william.bertolini@uffs.edu.br*

**Sandra Cristina Deodoro**

*Departamento de Cartografia/IGC, Universidade Federal de Minas Gerais*

*Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP: 31270-901*

*E-mail: sdeodoro@hotmail.com*

**Neimar Boettcher**

*Universidade Federal da Fronteira Sul*

*Rodovia SC-484, km 02, Chapecó, Santa Catarina. CEP: 89815-899. Brasil*

*E-mail: neimarboettcher@outlook.com*

#### Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):

31/08/2018

Aceito (Accepted):

27/09/2018

#### Palavras-chave:

Morfogênese; Lineamentos;  
Dissecação Fluvial.

#### Keywords:

Morphogenesis; Lineaments;  
Fluvial Action.

#### Resumo:

Este trabalho apresenta resultados relativos à análise e interpretação de dados morfométricos e observacionais da bacia do rio Barra Grande, no oeste de Santa Catarina em termos de sua morfodinâmica e do trabalho fluvial na esculturação do relevo dessa bacia. Dentre os principais resultados obtidos está a caracterização de uma morfogênese ativa cujos processos desnudam o Planalto dos Campos Gerais e elabora a superfície do Planalto Dissecado do rio Uruguai a partir do trabalho fluvial na paisagem. A rede de drenagem de padrão subdendrítico apresenta predomínio de canais escoando em leito rochoso (*bedrock channels*) e distribuição subhorizontalizada de tributários de 1ª e 2ª ordem em relação aos canais principais dispostos no sentido NW-S, N-S e NE-S. A distribuição dos declives pela bacia demonstra maiores declividades junto às encostas dos eixos principais de drenagem desde a foz até as cabeceiras, sem associação específica com a atual feição da escarpa erosiva. As planícies de inundação se apresentam de modo descontínuo e compostas, em sua base, por cascalhos e blocos rochosos que são os materiais predominantes fornecidos pelas porções de média e alta vertente. A distribuição de lineamentos extraídos a partir de modelo de relevo sombreado sobre um Modelo Digital de Elevação (MDE) apresentou uma associação de 62% desses lineamentos com elementos morfológicos e topográficos da paisagem (declives acentuados, escarpa erosiva e canais de drenagem). Por outro lado, uma quantidade de 38% não apresentou associação direta com nenhuma feição morfológica específica, estando associados principalmente ao sombreamento a partir

de diferentes iluminações do modelo e topos de morro. A tendência côncava dos perfis longitudinais de canal da bacia, juntamente com a associação dos lineamentos aos elementos morfológicos, permite supor uma associação à dinâmica geomorfológica da bacia sem influência direta de movimentações tectônicas recentes ou fatores estruturais marcantes.

#### **Abstract:**

This paper presents results related to the analyses of morphometric data of Barra Grande river basin, in the west of Santa Catarina State (Brazil), in terms of its fluvial morphodynamic in the relief modeling of this basin. Characterization of active morphogenesis whose processes cause denudation in the Campos Gerais plateau and elaborate the surface of the Dissected Plateau of the Uruguay River through fluvial action is among the main results obtained. The dendritic drainage network shows a predominance of bedrock channels and a parallel distribution of first and second order tributaries related to the main channels arranged in NW-S, N-S and NE-S directions. The distribution of slope in that basin shows that the greater values are located next to relieves of the main channels drainage, since mouth to head. This fact occur with no specific association with the current feature of erosive cliff, though. Flood plains are discontinuous and composed at their base by rock gravels and rocky blocks which are the predominant materials provided by the medium and high slope portions. A distribution of structural lineaments extracted from a shaded relief model in a Digital Model Elevation (DEM) showed an association in 62% of these lineaments with morphological and topographic elements of the landscape (steep slopes, erosive escarpment and drainage channels). On the other hand the amount of 38% had no association with any specific morphological features. This group was associated to shading of different model illuminations and top of hills. The concave tendency of the longitudinal channel profiles of the basin together with the association of the lineaments with the morphological elements allows us to assume an association with the geomorphological dynamics of the basin without direct influence of recent tectonic movements or striking structural factors.

#### **Introdução**

A análise quantitativa das características de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros meios adotados para se averiguar a associação entre variáveis ambientais que podem explicar a natureza e as transformações naturais pelas quais passou tal espaço natural. Nesse sentido, a análise da rede de drenagem, na sua relação com as características geológicas, litológicas, tectônicas e geomorfológicas dentre outras, contribui para melhor compreender os fatores do meio físico que influenciam ou influenciaram os processos naturais que ocorrem no espaço de uma bacia hidrográfica em seu passado geológico recente. A rede de drenagem é apontada como uma característica sensível a modificações que afetam diretamente o terreno por causas inerentes à própria dinâmica fluvial dos canais ou por causas extrínsecas a essa dinâmica, a exemplo de movimentos tectônicos recentes (HOWARD, 1967; SUMMERFIELD, 1991; BISHOP, 1995; HOLBROOK e SCHUMM, 1999; BRICALLI e MELLO, 2013; JACQUES *et al.* 2014). Saber como ocorre a espacialização dessas variações nos fatores ambientais ajuda a compreender melhor as relações de causa e efeito que explicam a distribuição geográfica de formas, processos e materiais da paisagem.

Uma série de fatores internos e externos afeta a organização espacial da rede de drenagem (CHRISTO-

FOLETTI, 1981; STEVAUX e LATRU-BESSE, 2017). A topografia e a litologia são alguns dos principais. Quando a litologia é muito variável, padronagens diferenciadas de arranjo dos canais podem se desenvolver. Em resposta a isso a morfodinâmica do canal pode ser condicionada pelas diferenças de resistência oferecidas pela variação do substrato rochoso. Quando a litologia é predominantemente homogênea pode-se considerar que este fator não seja o mais importante agente causador de qualquer padrão de drenagem que sugira alguma anormalidade. Dessa maneira, quando se analisa uma área com litologia homogênea, pode-se ter maior segurança em atribuir a elementos de ordem estrutural e não litológica a explicação da morfodinâmica dos canais e bacias de drenagem, importantes elementos da dinâmica desnudacional do relevo.

As bacias hidrográficas da região oeste de Santa Catarina, cujo nível de base regional é dado pelo rio Uruguai, assentam-se sobre uma litologia homogênea dada pelos derrames cretáceos de lavas basálticas que irromperam em grande volume e extensão nesse contexto morfoestrutural da Bacia do Paraná (RENNE *et al.*, 1992; MAACK, 2001). A morfogênese dessas bacias contribuintes do rio Uruguai desenvolveu-se regida predominantemente por uma dissecação fluvial que distingue duas unidades geomorfológicas nessa região oeste catarinense: o Planalto Dissecado do rio Uruguai

e o Planalto dos Campos Gerais (IBGE, 2003), ambos pertencentes ao compartimento planáltico que, em maior escala, é denominado Planalto das Araucárias (PELUSO JUNIOR, 1986) ou Planalto Meridional (MONTEIRO, 1968). Centrado no trabalho fluvial sobre a paisagem e sua morfologia, o objetivo deste estudo é apresentar os resultados de análises morfológicas e morfométricas aplicadas à bacia do rio Barra Grande, oeste de Santa Catarina, para averiguar padrões de anormalidade da rede de drenagem que possam estar relacionados a fatores extrínsecos à própria dinâmica fluvial dos canais, incluindo-se aí fatores relacionados a indícios de tectônica recente. A escolha dessa bacia deu-se em função de se tratar de uma área litologicamente homogênea (DIAS e PARISI, 2007) de modo a isentar, com maior segurança, as análises morfodinâmicas do relevo

da influência litológica. E também pelo fato de se tratar de um relevo resultante predominantemente do trabalho fluvial na paisagem.

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Barra Grande possui 171,8 km<sup>2</sup> de área e abrange os municípios de São Carlos, Palmitos, Cunhataí e Cunha Porã, na região oeste de Santa Catarina. Está contida na região hidrográfica do alto rio Uruguai. Considerando a linha reta entre a nascente mais distante e a foz do rio Barra Grande, o comprimento da bacia é de 24,48 km. O rio Barra Grande é afluente de 4ª ordem (STRAHLER, 1952) da margem direita do rio Uruguai em trecho de seu alto curso conhecido como Volta Grande (Figura 1).

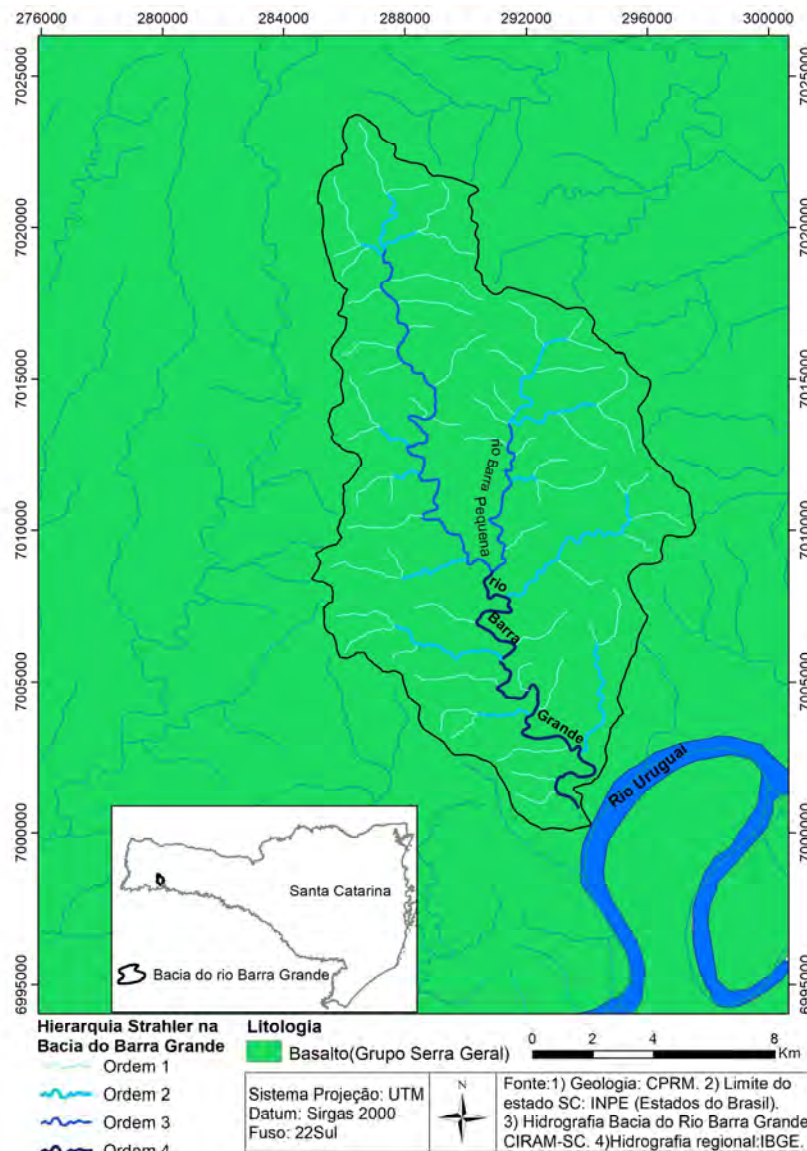


Figura 1 - Mapa da hierarquia da rede de drenagem da bacia do rio Barra Grande.

Geologicamente, toda a área da bacia abrange o Grupo Serra Geral (Cretáceo Inferior) com basaltos pertencentes à Formação Paranapanema, com textura microgranular cinza, alterações nas faces de disjunção vermelho amarronadas, horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, celadonita, cobre nativo e barita (CPRM, 2014). Segundo Dias e Parisi (2007), as várias sequências de derrame apresentam grande uniformidade textural e, principalmente, composicional.

De modo geral, em termos estruturais, a rocha basáltica é bastante fraturada apresentando sistemas principais de falhas/diáclases segundo as direções N – W e NE – SW verticalizados ou com fortes mergulhos relacionados a processos tectônicos. Os grandes alinhamentos tectônicos de direção NW, NE e EW, desenvolvidos desde o final do Mesozoico são bastante reconhecidos na literatura para a região centro-sul brasileira (SANTOS *et al.*, 2008). Essas fraturas condicionam trechos retilíneos dos cursos d'água

e cotovelos acentuados na drenagem (ENGEVIX, 2000). Outro sistema observado apresenta atitudes horizontais e subhorizontais, derivado dos processos de resfriamento e fluxo de lava. O grau de fraturamento das rochas varia do medianamente fraturado ao muito fraturado. Tal fraturamento tende a influenciar na intensidade do intemperismo, que atua mais profundamente ao longo das falhas/diáclases locais, formando solos mais profundos (ENGEVIX, 2000). Outro aspecto característico associado é a alteração esférica do basalto, a qual, via de regra, está associada a um padrão denso e regular de fraturamentos (DIAS e PARISI, 2007).

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia do Barra Grande está inserida no domínio geomorfológico do Planalto Meridional, localmente marcado por vales incisos e íngremes que configuram um subcompartimento rebaixado denominado de Planalto Dissecado do Rio Uruguai (Figura 2).

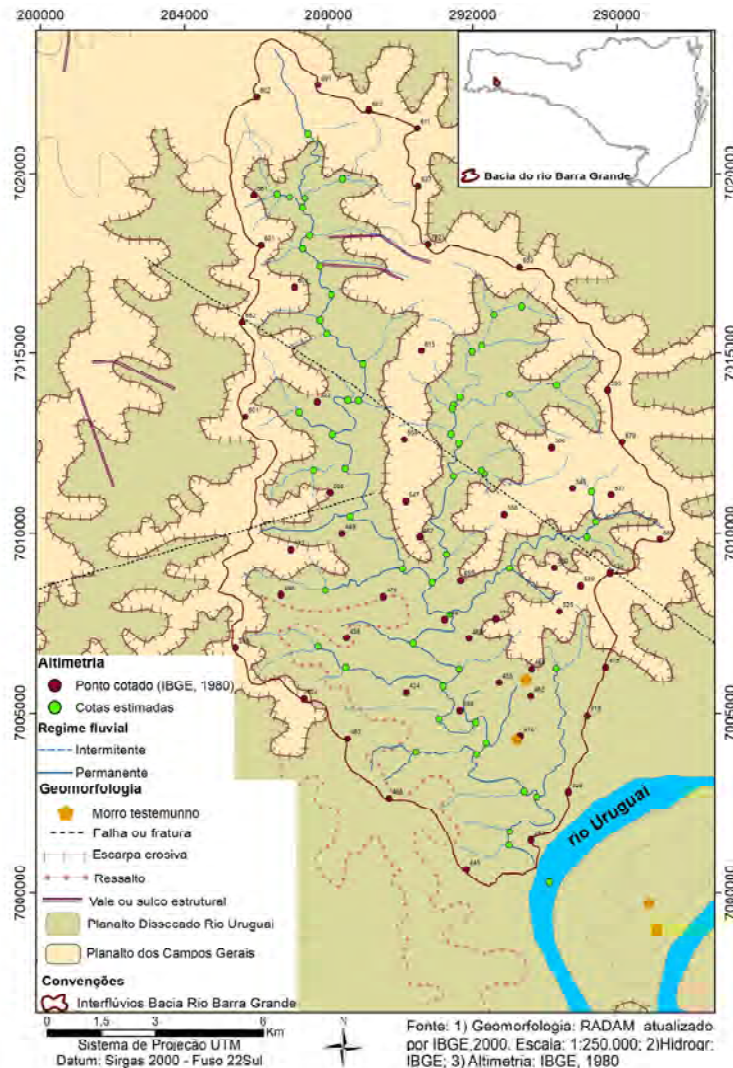


Figura 2 - Mapa geomorfológico da bacia do rio Barra Grande.

O nível altimétrico superior da bacia é dado pela superfície do Planalto dos Campos Gerais que se apresenta em superfícies mais alteadas de topos aplanados ou levemente convexizados e supostamente associadas a remanescentes de superfícies de aplainamento antigas. Os acentuados e declivosos desniveis que separam um compartimento planáltico do outro são apontados pelo IBGE (2003), em atualização do mapeamento geomorfológico do RADAM BRASIL, como escarpas erosivas. Segundo Peluso Junior (1986, p.115), a forma dos vales está frequentemente associada às peculiaridades dos derrames que, por sua vez, conferem ao basalto feições variadas conforme os fenômenos que ocorrem no resfriamento do magma.

A média pluviométrica anual a que está sujeita é de 1732 mm, segundo o Estudo de Impacto Ambiental da UHE Foz do Chapecó (ENGEVIX, 2000), que utilizou os dados da estação pluviométrica de Palmitos (SC). A média de temperatura anual é de 19,1°C na Volta Grande, com a máxima do mês mais frio (julho) de 31,5°C e a mínima do mês mais quente (janeiro) de 8°C (ENGEVIX, 2000).

O uso e ocupação do solo na região é dado predominantemente por atividades rurais de pequenas propriedades vinculadas a plantios temporários nas poucas e esparsas áreas de várzea existentes, pastagem e criação extensiva de gado. São muito comuns os desvios de vazão e pequenos barramentos em córregos de menor ordem para formação de açudes e dessedentação animal. Nas áreas mais íngremes ainda existem manchas de vegetação florestal.

## **Material e métodos**

A abordagem morfodinâmica da bacia do rio Barra Grande foi baseada, em primeiro lugar, na caracterização da bacia hidrográfica e do seu padrão de drenagem sob o aspecto do arranjo geográfico de canais, número de canais, hierarquização conforme Strahler (1952), compartimentação geomorfológica, confecção de perfis topográficos, dissecação fluvial e observações de campo.

A variação do gradiente dos principais eixos de drenagem da bacia (rio Barra Grande e rio Barra Pequena) na sua relação com as suas respectivas extensões foi analisada por meio da elaboração de perfis longitudinais de canal. As cotas para elaboração desses perfis foram extraídas da carta topográfica em

escala de 1:50.000, em meio digital, e posteriormente graficadas em planilha Excel®. Os perfis longitudinais constituem instrumentos para se investigar a respeito do estado hidrodinâmico do canal em suas características intrínsecas e na sua relação com a carga sedimentar fornecida por sua área de drenagem (MACKIN, 1948; CHRISTOFOLETTI, 1981; RÃDOANE; RÃDOANE e DIMITRIU, 2003). De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017) o perfil longitudinal torna-se um meio diagnóstico útil na determinação do grau de desequilíbrio em que se encontra o canal quando comparado com o seu perfil teórico equilibrado.

Para uma melhor quantificação das variáveis relativas ao relevo da bacia, procedeu-se à extração de medidas lineares e distâncias referentes à rede hidrográfica em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) com o uso do software ArcGis®. Perfis topográficos ao longo de oito seções transversais na bacia foram realizados por meio da extração automática das cotas associadas ao MDE (SRTM) no ArcGis® e tratadas em planilha Excel®.

Em campo foram verificadas e registradas por fotografias e coordenadas geográficas características do relevo, do seu manto de intemperismo e dos canais de drenagem. O trabalho de campo foi realizado em maio de 2018.

Posteriormente, procedeu-se à extração e análise dos lineamentos do relevo, procedimento também realizado em ambiente SIG com o intuito de verificar a existência de alguma relação ou padronagem dos lineamentos com a rede de drenagem. Lineamentos são feições geomorfológicas de superfície, simples ou compostas, cujas partes se encontram alinhadas em um padrão retilíneo ou ligeiramente curvo e que, presumivelmente, estão relacionadas a fenômenos de subsuperfície (O'LEARY; FRIEDMAN e POHN, 1976). Essas estruturas foram extraídas manualmente sobre o Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo, gerado a partir de imagem do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), de resolução espacial de 30m (1 arco-segundo), disponibilizada pela National Aeronautics and Space Administration (NASA). Essa imagem foi obtida no sítio eletrônico do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) através da plataforma *Earth Explorer*. Ressalta-se que, originalmente, a imagem SRTM para as áreas externas ao território estadunidense era de 90m (3 arcos-segundo) de resolução espacial e que, posteriormente,

as versões de 30m foram disponibilizadas pela NASA. Conforme Bricalli (2016), os MDEs constituem produto de sensoriamento remoto mais utilizado para extração de lineamentos uma vez que permitem, dentre outras possibilidades, a aplicação de diferentes iluminações artificiais na imagem para favorecer o realce diferenciado dos lineamentos para cada ângulo de iluminação utilizado.

Neste trabalho de análise morfométrica da bacia do rio Barra Grande foram utilizados ângulos de iluminação artificial com o intuito de abranger os quadrantes cardeais e colaterais: 00°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° e 315°. Para cada uma dessas iluminações foram traçados os lineamentos. Esse procedimento permitiu destacar a maior quantidade possível deles. Além da escolha dos ângulos de iluminação artificial foi necessário, também, escolher o ângulo de elevação solar que foi fixado a 45°. Tal angulação facilita a análise em regiões heterogêneas topograficamente (áreas planas e montanhosas) (BRICALLI, 2016). Uma avaliação estatística dos lineamentos interpretados foi realizada bem como a determinação das orientações preferenciais, sendo que essa foi apresentada segundo diagramas de rosetas de frequências, agrupados em classes de 10°. Para tanto, procedeu-se ao cálculo do azimute através do software Azimuth Finder (QUEIROZ, SALAMUNI e NASCIMENTO, 2014).

Procedeu-se, por fim, a análise de correlação entre os declives de vertente e os gradientes dos canais de drenagem conforme Strahler (1950). Tanto os declives de vertente quanto os de canal foram obtidos a partir de mensurações sobre carta topográfica em escala de 1:50.000. O intuito dessa análise foi verificar a relação entre a rede de drenagem e o relevo, verificando se existe correlação positiva entre os declives de vertente e os gradientes ou declives de canal.

Em conjunto, todos esses parâmetros morfométricos areais e lineares servem para uma caracterização da bacia de drenagem e seu estágio de maturidade e equilíbrio (XUE, GANI e ABDELSALAN, 2017) na relação com as formas do relevo.

## Resultados

### Organização da rede de drenagem

A organização da rede de drenagem da bacia do rio Barra Grande é representativa de um padrão regional

mais amplo (Figura 1) e pode ser classificada como do tipo subdendrítico em que se marca a distribuição subhorizontalizada de tributários de 1ª e 2ª ordem em relação aos canais principais dispostos no sentido NW-S, N-S e NE-S. Segundo Howard (1967) o padrão subdendrítico difere do dendrítico apenas pela falta de perfeição no arranjo e isso pode ser devido a controles secundários do tipo estrutural ou topográfico. São típicas de toda a região oeste de Santa Catarina as bacias dispostas no sentido NW-S e NE-S (Figura 1).

Do ponto de vista da espacialização dos canais e levando-se em consideração o curso do rio Barra Grande até sua nascente mais distante, existem 25 canais de 1ª ordem e 7 canais de 2ª ordem afluentes de sua margem direita. Afluentes da margem esquerda existem 35 canais de 1ª ordem, 6 canais de 2ª ordem e 1 canal de 3ª ordem que corresponde ao curso do rio Barra Pequena (Tabela 1). Portanto, a frequência de canais é maior na margem esquerda do eixo principal de drenagem apesar de essa frequência se diferenciar basicamente por canais de 1ª ordem, que, como verificado em campo, trata-se em muitos casos de canais intermitentes. A densidade de drenagem da bacia é de 1,05km/km².

O perfil longitudinal do canal do rio Barra Grande (Figura 3) indica caráter côncavo com dois segmentos distintos em termos de curvatura. O primeiro, até cerca de 20km a partir da nascente, em que se verifica uma sucessão de pequenas convexidades separadas por rupturas de declive. Esse ponto de transição no perfil encontra-se no trecho de 3ª ordem do canal principal, cerca de 2km à montante da confluência com o rio Barra Pequena (Figura 1). O segundo trecho do perfil, a partir do final do primeiro, delinea um segmento côncavo de caráter mais uniforme em relação ao primeiro, denotando, a princípio, uma maior regularidade na variação do gradiente e, teoricamente, maior ajuste entre carga e transporte. Na relação com as averiguações de campo pode-se dizer que o trecho fluvial correspondente à transição do primeiro para o segundo segmento do perfil se faz sem qualquer ruptura de declive no leito fluvial. Verificado em campo, trata-se de trecho com expressiva presença de blocos rolados revestindo o leito do canal (Figura 4). Em função dessa presença de blocos rolados supõe-se tratar-se de um trecho que demonstra perda de competência fluvial denotada pela abundância de blocos de tamanho superior à competência média do fluxo. A expressiva presença de blocos rolados aí depositados constitui hoje uma feição de resistência ao fluxo.

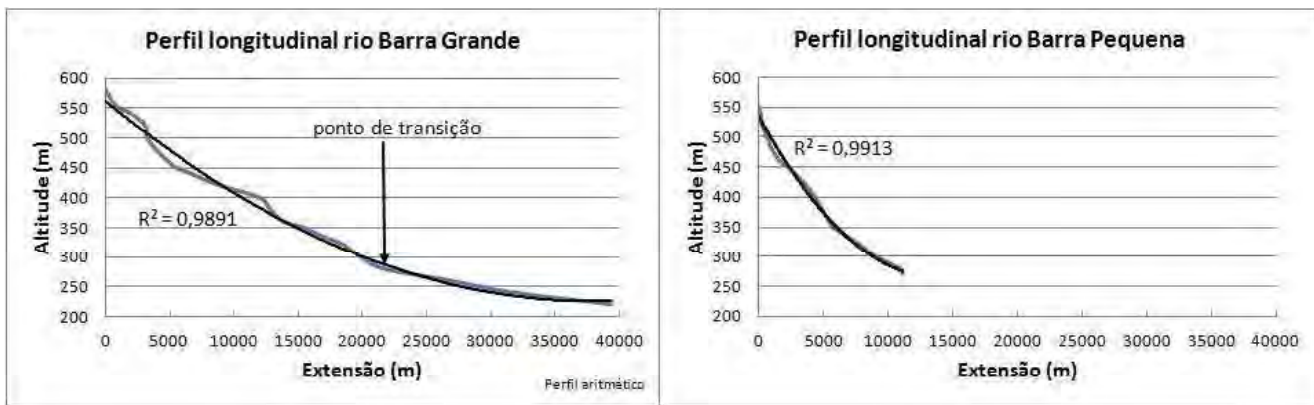


Figura 3 - Perfis longitudinais do rio Barra Grande (à esquerda) e Barra Pequena (à direita).

O perfil longitudinal do rio Barra Pequena, afluente de 3ª ordem da margem esquerda do Barra Grande, apresenta-se com curvatura tipicamente côncava e poucos desvios a partir da linha de tendência (linha de melhor ajuste ao perfil). Para o canal do rio Barra

Grande também de tendência tipicamente côncava, esta linha de tendência indica que a partir de 20km da nascente mais distante há um ajuste mais fino à linha, demonstrando menos desvios do que nas porções de alto e médio curso.



Figura 4 - Leito do rio Barra Grande em trecho retilíneo (lineamento) de 3ª ordem, a 20 km da nascente mais distante. Coordenadas UTM 289.653E/7.009.589N. Fuso 22Sul. Sirgas 2000.

Tabela 1: Síntese dos dados morfométricos da Bacia do Rio Barra Grande

	Canais de 1ª ordem	Canais de 2ª ordem	Canais de 3ª ordem	Canais de 4ª ordem
Nº de canais	60	13	2	1
Média dos gradientes	0,067	0,025	0,013	-
Valor máximo de gradiente	0,127	0,036	0,015	-
Valor mínimo de gradiente	0,019	0,019	0,010	-
∑ Extensão (m)	103.636,86	36.054,42	23.627,52	17.489,40
Área total (m²)	171.800.000			

A amplitude altimétrica da bacia é de 481m, com seu ponto mais alto no seu divisor norte/nordeste a 702m de altitude e seu ponto mais baixo na sua foz, a 221m de altitude. A média altimétrica da bacia, calculada a partir da média aritmética de todos os pontos de confluência fluvial, é de 361,3m.

### Declividades e perfis topográficos

A partir das observações de campo em relação à geomorfologia das vertentes pode-se dizer que há uma predominância de vertentes convexas modeladas em coberturas pedogenizadas muito rasas à medida do aumento dos declives, e sobre a rocha basáltica, em geral, muito fraturada e fragmentada em blocos (Figura 4). Também são comuns os blocos basálticos com intemperismo esferoidal junto à massa cascalhenta do regolito em diferentes posições de vertente. As declividades são, no geral, maiores que 32% e a extensão das vertentes se desdobra em setores com geometrias variáveis do topo até o fundo de vale.

A distribuição dos declives pela bacia demonstra maiores declividades (entre 32% e 46% e maior que 46%) junto às encostas dos eixos principais de drenagem desde a foz até as cabeceiras. Pela contraposição ao mapeamento geomorfológico, destaca-se que as maiores declividades não estão relacionadas exclusivamente às escarpas erosivas

que separam o Planalto dos Campos Gerais do Planalto dissecado do rio Uruguai. Observam-se manchas de maiores declives alinhadas na porção sul, no trecho baixo da bacia, externamente às linhas das escarpas erosivas. No referido mapa, essas áreas declivosas encontram-se entre as linhas de ressalto e do vale do baixo rio Barra Grande pela sua margem direita. Verificou-se um padrão de menores declividades sobre as extensões altiplanas do Planalto dos Campos Gerais ao norte da bacia onde, conforme o mapa geomorfológico, tais áreas caracterizam-se por topos convexos, ligeiramente aplanados e por aprofundamento muito fraco das incisões.

O encaixamento dos vales é bastante pronunciado, alcançando amplitudes maiores na porção central da bacia (352m de amplitude altimétrica na seção 5) e menores tanto na baixa bacia (seção 1, com amplitude de 151m) quanto na alta bacia (seção 8, amplitude correspondente a 63,4m) (Figura 5).

Os fundos de vale apresentam talvegues em leito rochoso (*bedrock channels*) com ou sem água corrente (Figura 6). Foram observados muitos canais de 1ª ordem com leito seco e revestidos de cascalho e seixos durante o trabalho de campo (maio de 2018). Os próprios canais de maior ordem, a exemplo do Barra Grande e Barra Pequena, apresentam escoamento em leito rochoso em parte expressiva de sua extensão (Figuras 4 e 6).

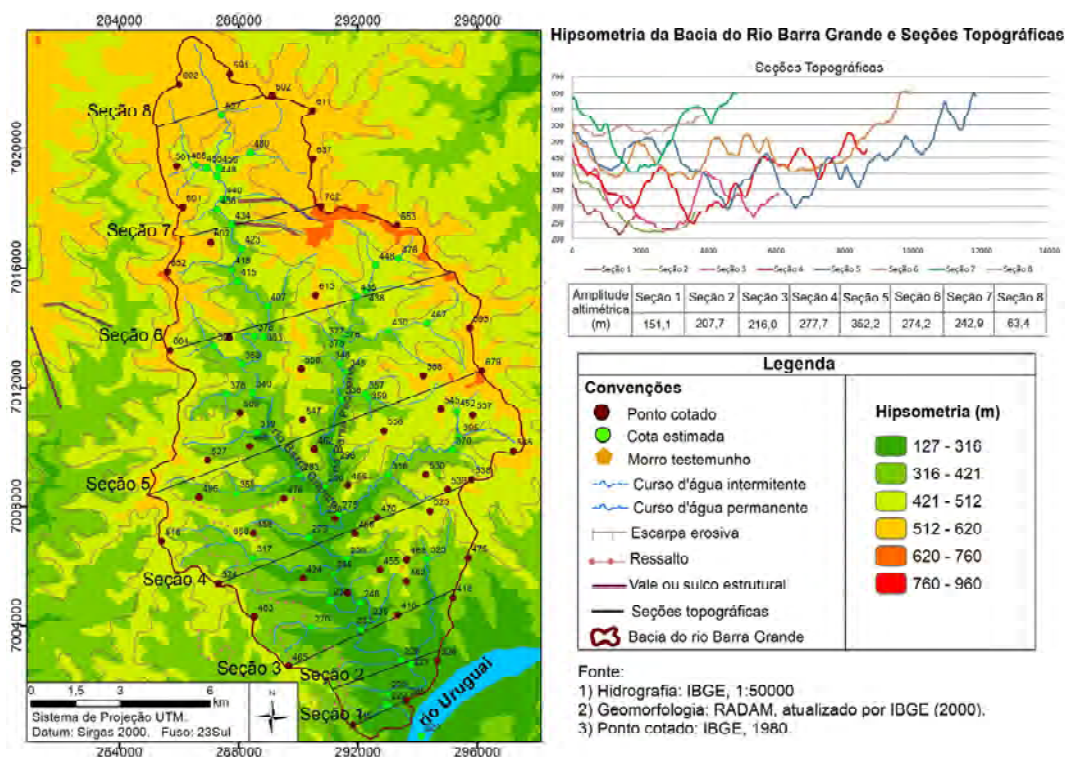


Figura 5 - Seções topográficas transversais da bacia do Barra Grande. Numeração crescente para montante.



Outra característica dos leitos rochosos verificada em campo é a sucessão entre poços (*pools*) e barras laterais cascalhentas (*riffles*) que se alternam ao longo dos canais. Tais barras são compostas de clastos de tamanho

variando de cascalho a bloco, conforme a vazão do canal. Entende-se, conforme Stevaux e Latrubesse (2017), que a sucessão dessas formas constitui leitos onde a energia se dissipa de modo inconstante ao longo do canal.



*Figura 6 - Leito rochoso do rio Barra Pequena próximo de sua foz no Barra Grande. Margem direita composta por barra cascalhenta e margem esquerda na rocha basáltica. Coordenadas UTM 290.950E/ 7.008.395N. Fuso 22Sul. Sirgas 2000.*

Em geral, as planícies de inundação se apresentam de modo descontínuo e compostas, em sua base, por cascalhos e blocos rochosos que são os materiais predominantes fornecidos pelas porções de média e alta vertente. Sobre esse material encontra-se de modo descontínuo aluvião de textura fina (silte, argila e areia). A configuração dos fundos de vale nesses trechos permite caracterizá-los como assimétricos. É comum o término abrupto de uma das vertentes junto ao canal enquanto

a outra se espalha em extensão plana ou suavemente ondulada constituindo a planície de inundação (Figura 7). Ressalta-se que há também contribuição dos depósitos de vertente interdigitando-se aos depósitos fluviais, sendo difícil estabelecer em muitos casos qual dessas fontes é a principal contribuinte.

Nos casos em que se verificam esses níveis mais amplos de planície, os mesmos encontram-se a cerca de 5m a 10m acima do leito vazante do canal atual. Alguns

canais apresentam uma ruptura de declive marginal marcante que separa o leito menor desse nível de planície superior cuja extensão pode ser associada ao leito maior excepcional. Este é o caso do leito do rio Barra Grande em trecho de 3ª ordem no seu médio curso (Figura 8). Nos casos em que a vazão média atual é, supostamente, insuficiente para alcançar os limites desses trechos de várzea é possível pensar, hipoteticamente, em terraços em formação (Figura 9). Apesar da sugestão de que esses níveis “suspensos” de planície possam estar

sendo abandonados na atual fase morfogenética da bacia, acredita-se que ainda se trate do nível de planície vinculada ao trabalho fluvial atual ou, pelos menos, bastante recente, e não de terraço. Nesse sentido, à semelhança do que Santos *et al* (2008) verificaram para o rio Ivaí no noroeste do Paraná, a planície se comporta como terraço. Todavia, sugere-se a hipótese de que esses níveis possam estar se transformando em terraço com base em sua extensão lateral (largura) em relação à posição do canal atual e nas rupturas de declive presentes.



Figura 7 - Fundo de vale de 1ª ordem, na porção leste da bacia. Vertente plana a suave ondulada na margem com uso agrícola (solo exposto à direita) e declivosa na outra margem (à esquerda). Coordenadas UTM 293.584E/7.008.236N. Fuso 22Sul. Sirgas 2000.



Figura 8 - Nível de planície suspensa na margem esquerda do Lajeado Jacutinga, próximo à sua foz no rio Barra Grande. Coordenadas UTM 291.443E/7.007.559N. Fuso 22Sul. Sirgas 2000.

### Lineamentos, declividades e rede de drenagem

A Figura 10 apresenta a distribuição espacial dos lineamentos da Bacia do rio Barra Grande, obtidos manualmente a partir do relevo sombreado em ambiente SIG. Ao lado, os mesmos lineamentos junto à espacialização das declividades.

Foram obtidos 460 lineamentos. Desses, 52% estão concentrados no quadrante leste e 48% no

quadrante oeste. Dentro do quadrante leste a maior parte dos lineamentos apresenta direção preferencial para NE e E. No quadrante oeste, a maior parte apresenta direção preferencial NW. A Figura 11 apresenta o diagrama de roseta da frequência dos azimutes dos lineamentos.

A síntese da associação dos lineamentos com os atributos físicos da bacia do rio Barra Grande pode ser visualizada na Tabela 2.



Figura 9 - Rio Barra Grande. Sucessão de pequenos encachoeiramentos com extensão de planície aluvial na margem esquerda. Coordenadas UTM 288.526E/ 7.011.477N. Fuso 22Sul. Sirgás 2000.

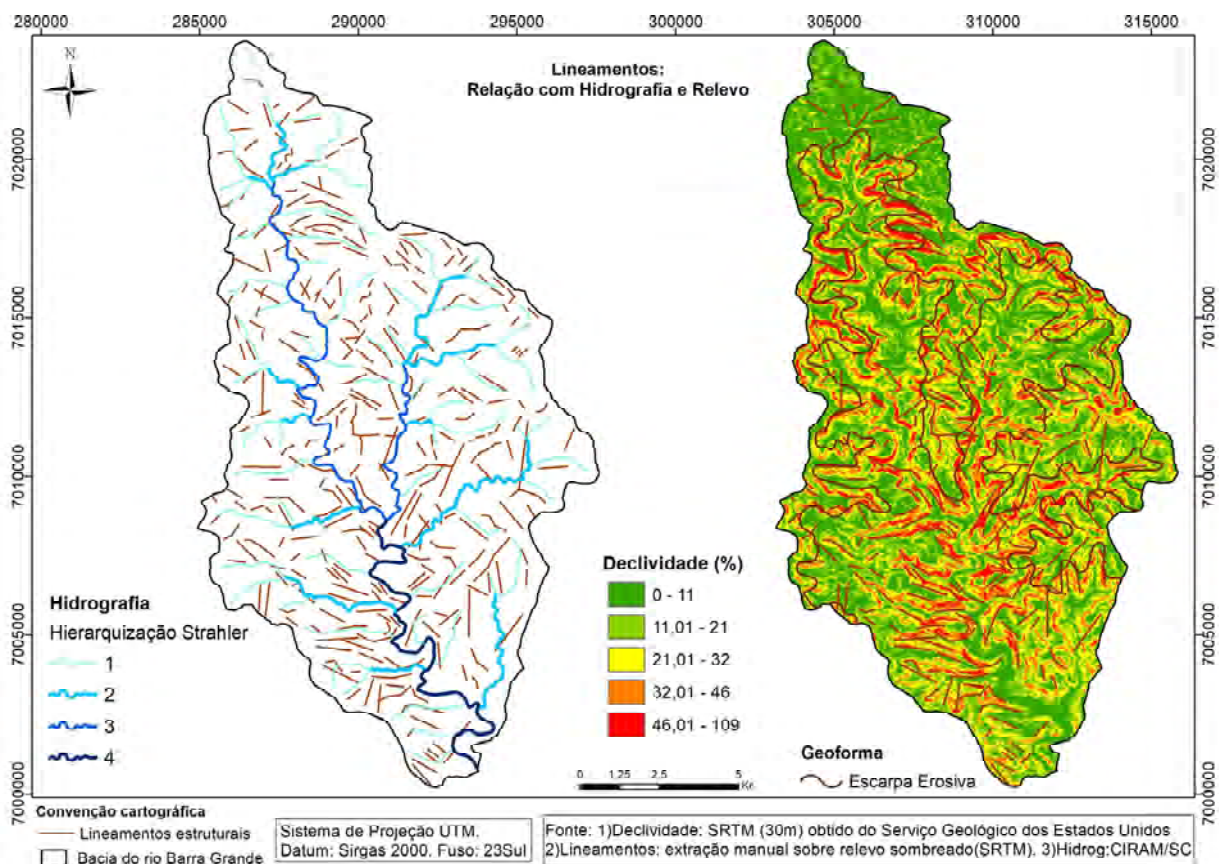


Figura 10 - Mapa dos lineamentos na contraposição com a rede de drenagem (à esquerda) e às declividades (à direita) da Bacia do rio Barra Grande.

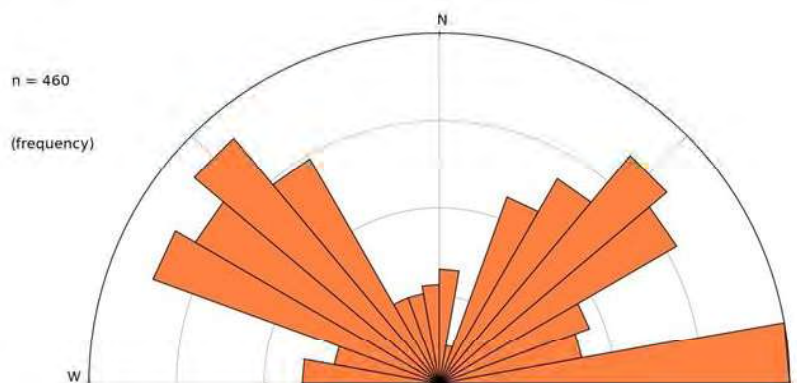


Figura 11 - Diagrama de frequência (absoluta) dos lineamentos da Bacia do rio Barra Grande.

Tabela 2: Classificação síntese dos lineamentos da bacia do rio Barra Grande

Lineamentos (frequência) absoluta	%	Elementos associativos
119	26	altos declives
110	24	canais de drenagem fluvial
56	12	escarpa erosiva
175	38	relevo sombreado e reentrâncias do terreno

Com relação à distribuição dos lineamentos em relação às declividades destaca-se que aproximadamente 26% deles relacionam-se às declividades maiores que 32% (Figura 10). Referente à hidrografia, 24% dos lineamentos estão relacionados à rede de drenagem na medida em que se sobrepõem aos seus eixos ou se encontram paralelos a esses. A maior parte desses lineamentos associa-se aos canais de 1ª ordem fluvial. Destaca-se, também, que 12% dos lineamentos apresentaram correspondência com a escarpa erosiva que separa os dois compartimentos planálticos da bacia. A maior parte dos lineamentos, correspondente a 38% do total, foi associada a áreas que, do ponto de vista morfológico, não apresentam nenhum significado especial. Isso porque resultam meramente dos diferentes ângulos de iluminação utilizados na geração do modelo sombreado do relevo e coincidem, no geral, a topos de morro e pequenas reentrâncias do terreno. A partir desses dados é possível dizer que não há um padrão de vinculação na distribuição dos lineamentos verificados. A gênese e evolução morfodinâmica da escarpa erosiva não está associada à presença desses lineamentos não sendo possível associá-los. Entende-se, desse modo, que os lineamentos não demonstram evidência de influência tectonoestrutural na morfogênese do relevo da bacia.

#### **Análise dos declives de vertente, dos gradientes de canal e sua correlação**

De acordo com o aumento da ordem de canal, os gradientes médios (S) dos canais vão decrescendo. Da mesma maneira se comporta a variação da amplitude entre o menor e o maior gradiente para o conjunto de canais de 1ª, 2ª e 3ª ordens. No entanto, os gradientes de canal de 1ª e 2ª ordens apresentaram correlação negativa com os declives médios de vertente associados (Figura 12). Os índices de correlação entre os gradientes de canal e as médias dos declives de vertente para os conjuntos de canais de 1ª, 2ª e 3ª ordem foram crescentemente negativos conforme o aumento da hierarquia fluvial. Dessa maneira, não existe uma diminuição proporcional dos declives de vertente em relação à diminuição contínua dos declives de canal. Isso, segundo Strahler (1952; 1977), foge ao que seria de se esperar para canais ajustados ou em equilíbrio. No entanto, não indica necessariamente causalidade relativa a movimentações tectônicas recentes. A interpretação dessas correlações negativas pode estar associada à fase ativa de incisão fluvial na paisagem, sem associação direta com forças tectônicas recentes pelo que se demonstra através dos outros parâmetros analisados e pelas observações de campo. Considerando o balanço morfogênese/pedogênese

no tempo, o predomínio do fator morfogenético sobre coberturas pedológicas relativamente antigas tende a atuar de maneira bastante rápida mediante fases de incisão o que justificaria tal descompasso

entre os gradientes de canal e os declives acentuados distribuídos ao longo da bacia, apesar de uma tendência ao equilíbrio (em escala de mais longo tempo) demonstrada pelos perfis longitudinais dos canais.

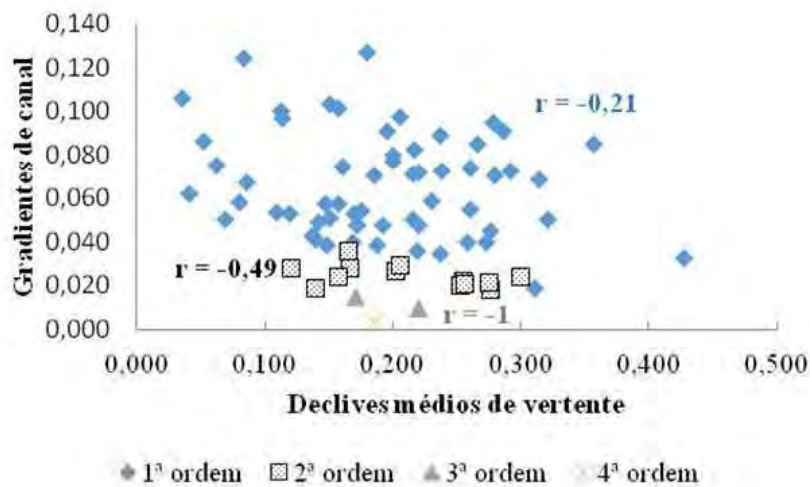


Figura 12 - Dispersão dos gradientes de canal x declives médios de vertente e índices de correlação.

### Considerações Finais

A partir das observações e análises reunidas, pode-se dizer que a organização da rede de drenagem na fase atual da bacia é resultado de uma morfodinâmica cujo balanço morfogênese *versus* pedogênese não demonstra desconsideração em relação ao fator tectônico, não se afirma que não tenha havido influência tectônica. Os dados levantados e observados, no entanto, não suportam necessariamente uma influência tectônica “ativa” e recente. Os vales incisivos espalhados por toda a bacia hidrográfica testemunham um longo processo de incisão fluvial realizada por canais escoando atualmente sobre leitos rochosos. Tal processo deve ter atuado de forma mais ou menos contínua ao longo de todo o Quaternário, considerando tratar-se de uma bacia submetida ao nível de base do rio Uruguai. A concentração dos altos declives nos vales junto à porção central dos eixos principais de drenagem sugere fases de incisão realizadas mais rapidamente e que, do ponto de vista morfológico, ainda não foram superadas na tendência geral e mais ampla da desnudação regional predominante. A dissecação fluvial na paisagem constitui-se no principal mecanismo da morfogênese da bacia com duas superfícies geomorfológicas presentes: o Planalto dos Campos Gerais como a superfície altimetricamente superior e em processo ativo de desnudação e o Planalto Dissecado do rio Uruguai, superfície inferior

em elaboração onde predominam tanto processos de agradação quanto de degradação. A primeira é entendida como remanescente de superfície mais antiga associada a superfície de aplainamento (AB’SABER, 2000; PAISANI, PONTELLI e ANDRES, 2008).

Os perfis longitudinais dos canais que se constituem nos principais níveis de base da bacia (rio Barra Grande e Barra Pequena) apresentam formato predominantemente côncavo o que indica tendência ao equilíbrio entre a capacidade de transporte fluvial e a carga fornecida ao canal ao longo do tempo. A carga de fundo de calibre grosseiro (cascalhos e blocos) é resultado do trabalho desnudacional na paisagem que disponibiliza para a superfície das vertentes em função dos declives acentuados material cascalhento a partir da rocha basáltica muito fraturada. A distribuição dessa carga ao longo dos eixos de drenagem e o acúmulo em alguns trechos varia em função sobretudo do regime de cheias e das condições morfológicas do leito dos rios. Tal característica não parece se contrapor à tendência de equilíbrio de jusante para montante demonstrada pelo perfil longitudinal. Não há dentre os aspectos analisados nenhum que se relacione a uma influência tectonoestrutural predominante sobre o arranjo da drenagem.

A análise dos lineamentos extraídos a partir da modelagem de sombreamento do relevo indica uma

associação de 62% desses lineamentos com elementos morfológicos e topográficos da paisagem (declives acentuados, escarpa erosiva e canais de drenagem). A menor porcentagem deles foi associada à escarpa erosiva. Por outro lado, uma quantidade de 38% não apresentou associação direta com nenhuma feição morfológica específica, estando associados principalmente ao sombreamento a partir de diferentes iluminações do modelo e topos de morro. A associação dos lineamentos aos elementos morfológicos permite supor uma associação à dinâmica geomorfológica da bacia sem influência direta de aspectos tectonoestruturais. Devendo-se creditar o trabalho fluvial na paisagem principalmente às condições climáticas.

À exceção das correlações negativas, que não necessariamente estão relacionadas à movimentos tectônicos recentes, a análise morfológica e morfométrica da bacia do rio Barra Grande a partir dos elementos naturais verificados neste trabalho não demonstrou associação com influência estrutural direta na morfodinâmica recente do relevo desta área. Não foram encontrados padrões de anormalidade da rede de drenagem que possam estar relacionados a fatores extrínsecos à própria dinâmica fluvial dos canais e seu padrão subdendrítico reflete um fraco controle estrutural.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro ao Projeto de Pesquisa *Reconstituição paleoambiental quaternária no alto vale do rio Uruguai – Oeste de Santa Catarina*, edital 01/2016.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, Aziz N. Summit surfaces in Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**. 30 (3). 2000. p.515-516.
- BISHOP, Paul. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. **Progress in Physical Geography** 19: p.449-473. 1995.
- BRICALLI, Luiza Leonardi. Procedimentos Metodológicos e Técnicas em Geomorfologia Tectônica. **Revista Espaço Aberto**. PPGG - UFRJ, V. 6, N.1, p. 75-110, 2016.
- BRICALLI, Luiza L.; MELLO, C. Padrões de lineamento relacionados à litoestrutura e ao faturamento neotectônico (estado do Espírito Santo, SE do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, v. 14, n. 03, p. 301-311, 2013.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia fluvial** – São Paulo: Edgard Blucher. 1981, 313 p.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do Estado de Santa Catarina**. Escala 1:500.000. Wilson Wildner (coord. técnico). 2014.
- DIAS, Adalberto de A.; PARISI, Giovanni N. **Folha Frederico Westphalen** SG-22-Y-C-II (escala 1:100.000). Programa Geologia do Brasil. Projeto Geologia para Apoio aos Arranjos Produtivos de Gemas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CPRM. 2007. 73 p.
- HOLBROOK, John.; SCHUMM, Stanley A. Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings. **Tectonophysics**, 305, 1999, pp.287-306.
- IBGE. **Geomorfologia**. Folha Chapecó SG-22-Y-C. Escala 1:250.000. 2003.
- JACQUES, Patricia D.; SALVADOR, Elizete D.; MACHADO, Rômulo; GROHMANN, Carlos H.; NUMMER, Alexis R. Application of morphometry in neotectonics studies at the eastern edge of the Paraná Basin, Santa Catarina State, Brazil. **Geomorphology**. 213, 2014. p.13-23.
- KRÖLING, Daniela.; BRUNETTO, Ernesto.; GALINA, Gabriel.; ZALAZAR, M. Cecilia.; IRIONDO, Martín. Planation surfaces on the Paraná basaltic plateau, South America. In: RABASSA, Jorge.; OLLIER, Cliff (eds). **Gondwana Landscapes in southern South America: Argentina, Uruguay and Southern Brazil**. Springer. 2014. pp.247-303.
- MAACK, Reinhard. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. p.169-288. 2001.
- MONTEIRO, Carlos A. de F. Geomorfologia (cap I). In: **Geografia do Brasil**. Grande Região Sul..v.IV. Tomo I, 2ª ed. Rio de Janeiro. 1968.
- O'LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J.D.; POHN, H.A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **Geological Society of American Bulletin**. 87. p.1463-1469. 1976.
- PAISANI, Julio C.; PONTELLI, Marga E.; ANDRES, Juliano. Superfícies aplainadas em zona subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências**. v.27. n.4. 2008. p.541-553.
- PELUSO JUNIOR, Victor A. O relevo do território catarinense. **Geosul**. n.2. 1986.

- QUEIROZ, Gustavo L.; SALAMUNI Eduardo; NASCIMENTO, Ednilson R. do. **Azimuth Finder: ferramenta para a extração de dados e apoio na análise estrutural.** Revista Geologia USP-Série Científica, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 6-80, Março 2014.
- RENNE, Paul R.; ERNESTO, Marcia.; PACCA, Igor G.; COE, Robert S.; GLEN, Jonathon M.; PRÉVOT, Michel.; PERRIN, Mireille. The age of Paraná Flood Volcanism, Rifting of Gondwanaland and the Jurassic-Cretaceous Boundary. **Science.** v.258, p.975-978. 1992.
- SANTOS, Manoel L. dos.; STEVAUX, José C.; GASPARETTO, Nelson V. L.; FILHO, Edvard E. de S. Geologia e geomorfologia da planície aluvial do rio Ivaí em seu curso inferior. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** v.9, n.1. 2008. p.23-34.
- STEVAUX, José C.; LATRUBESSE, Edgardo M. **Geomorfologia Fluvial.** Oficina de Textos. São Paulo. 2017. 336 p.
- STRAHLER, Arthur N. Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis. **American Journal of Science,** v.248, p.673-696 (Parte I) e p.800-814 (Parte II), 1950.
- STRAHLER, Arthur. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysics Union Transactions.**n.38, p.913-920, 1952.
- STRAHLER, Arthur N. **Geografia Física.** 3ªed. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 1977.
- SUMMERFIELD, Michael A. **Global Geomorphology: an introduction of the study of landforms.** Essex. Longman Scientific & Technical. 1991.
- XUE, Liang.; GANI, Nahid D.; ABDELSALAN, Mohamed G. Geomorphologic proxies for bedrock rivers: A case study from the Rwenzori Mountains, East African Rift system. **Geomorphology** 285, p.374–398, 2017.