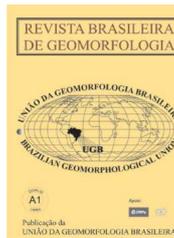




www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 16, nº 3 (2015)



# EVOLUÇÃO DO RELEVO EM ÁREAS DE TRÍPLICE DIVISOR REGIONAL DE ÁGUAS - O CASO DO PLANALTO DE SANTA CATARINA: ANÁLISE DA REDE HIDROGRÁFICA

## STUDY OF RELIEF EVOLUTION IN REGIONAL TRIPLE BASIN BOUNDARY – THE CASE OF SANTA CATARINA PLATEAU: ANALYSIS OF HYDROGRAPHIC NETWORK

**Michael Vinicius de Sordi**

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP: 31.270-901, Brasil  
Email: michael.sordi@gmail.com*

**André Augusto Rodrigues Salgado**

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP: 31.270-901, Brasil  
Email: aarsalgadoufmg@gmail.com*

**Julio Cesar Paisani**

*Centro de Ciências Humanas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Rua Maringá 1.200, Francisco Beltrão, Paraná, CEP 85.605.010, Brasil  
Email: juliopaisani@hotmail.com*

### Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:  
17/12/2014  
Data de Aprovação:  
15/07/2017

### Palavras-chave:

Evolução do relevo; Capturas Fluviais; Planalto de Santa Catarina.

### Keywords:

Relief Evolution; River Capture; Santa Catarina Plateau.

### Resumo:

No Planalto interior de Santa Catarina se localiza o divisor hidrográfico entre três das principais bacias hidrográficas da região sul do Brasil: Uruguai, Paraná (Iguaçu) e Itajaí-Açu-Açu. Considerando-se que a evolução do relevo em áreas de tríplice divisor regional está intimamente relacionada à dinâmica erosiva dos cursos fluviais, o presente trabalho investiga a importância dos processos de dissecação do relevo e de capturas fluviais para a configuração do modelado dessa região. Para isso, foram aplicadas técnicas de análise morfométricas e morfológicas. Os resultados permitiram estabelecer uma hierarquização do grau de dissecação: (i) áreas pertencentes à bacia do rio Itajaí-Açu são as mais dissecadas, com maior amplitude altimétrica, maior densidade de drenagem e nível de base regional mais baixo; os perfis são mais íngremes e os valores de RDE são elevados; (ii) áreas menos dissecadas, de baixa amplitude altimétrica e densidade drenagem e nível de base regional mais elevado pertencem bacia do rio Paraná (Iguaçu); os perfis topográficos são mais suaves e os valores de RDE mais baixos e (iii) áreas pertencentes à bacia do rio Uruguai, apresentam níveis de dissecação, amplitude altimétrica, densidade de drenagem e nível de base regional intermediários, assim como seus perfis e os valores de RDE. Deste modo,

o principal processo de evolução do relevo regional é a erosão diferencial entre as bacias hidrográficas que, graças a erosão remontante dos afluentes do rio Itajaí-Açu-Açu, rebaixam todo o relevo e capturam áreas pertencentes às bacias hidrográficas interiores – do rio Paraná (Iguaçu) e rio Uruguai – que também capturam áreas entre si.

#### **Abstract:**

In the Santa Catarina Plateau is located the triple hydrographic boundary between three of the main hydrographic basins of the south Brazil region: Uruguai, Paraná (Iguaçu) and Itajaí-Açu. Considering that relief evolution in areas of regional triple boundary is intimately related to the erosive dynamics of the fluvial channels, the present paper investigates the importance of relief dissection processes and fluvial captures to relief evolution of this region. For this, morphometric and morphological analysis technics were applied. The results allowed to establish an hierarchy of dissection degree: (i) areas belonging to Itajai-Açu river basin are the most dissected, with higher altimetric amplitude, higher drainage density and lowest regional base level; the profiles are steep and RDE values are elevated; (ii) less dissected areas with low altimetric amplitude and drainage density and highest regional base level belongs to Paraná (Iguaçu) river; topographic profiles are smoother and RDE values are lower and (iii) areas belonging to Uruguai hydrographic basin has intermediary dissection, altimetric amplitude, drainage density and regional base level; as the topographic profiles and RDE values. Thus, the main process of regional relief evolution is the differential erosion between the hydrographic basins that, thanks to headward erosion of the Itajaí-Açu river tributaries, lowers all surface relief and capture areas of the Paraná and Uruguai basins – that also capture areas each other.

## **1. Introdução**

Os grandes divisores hidrográficos constituem áreas-chave para a compreensão da evolução do relevo continental (PRINCE *et al.*, 2010). Isto ocorre, pois as bacias hidrográficas delimitadas nessas áreas normalmente possuem diferentes graus de dissecação. Tal fato faz com que essas áreas sejam, portanto, os locais onde preferencialmente ocorrem processos de rearranjos ou reorganizações fluviais (BISHOP, 1995) por decapitação (SCHIMIDT, 1989) e capturas fluviais (PRINCE *et al.*, 2010; CHEREM *et al.*, 2013; REZENDE *et al.*, 2013), visto que as bacias hidrográficas com maior poder de dissecação tendem a erodir suas áreas de cabeceiras com maior intensidade que suas vizinhas e, conseqüentemente incorporam área dessas últimas. Logo, essas são importantes áreas para se compreender a dinâmica evolutiva regional do relevo, pois suas paisagens são uma síntese da inter-relação de forças presentes em cada uma das diferentes bacias hidrográficas que ali se delimitam.

Estudos sobre áreas de grandes divisores são comuns na região Sudeste do Brasil (VALADÃO, 1998; CHEREM *et al.*, 2012; SALGADO *et al.*, 2012) Porém, apesar da importância que os grandes divisores hidrográficos possuem para a elucidação e compreensão da evolução do relevo, poucos foram os estudos que, mesmo tangencialmente, se dedicaram a esse tema na região sul do Brasil. Tal lacuna é ainda mais evidente

no interior do Planalto de Santa Catarina (Figura 1). A denominação Planalto de Santa Catarina foi adotada inicialmente por Maack (1947) para se referir ao planalto desenvolvido a partir das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. No presente artigo o Planalto de Santa Catarina se refere a toda área planáltica do oeste e centro-oeste catarinense. Essa é a área onde se delimitam três das principais bacias hidrográficas da região sul do Brasil: (i) rio Itajaí-Açu-Açu, maior rio costeiro do estado de Santa Catarina; (ii) rio Paraná, representado pela sua sub-bacia do rio Iguaçu e; (iii) o rio Uruguai, representado pelas suas sub-bacias dos rios Canoas e do Peixe (Figura 1).

Neste contexto, apresenta-se aqui uma contribuição à compreensão dinâmica evolutiva do Planalto de Santa Catarina na área de seu tríplice divisor hidrográfico através de análises morfométricas e morfológicas. Essas análises envolvem parâmetros morfométricos, como a relação declividade-extensão (RDE) (HACK, 1973) e perfis topográficos longitudinais dos canais, além de análises morfológicas das áreas limítrofes das bacias por meio de cartas topográficas e dados de radar SRTM, buscando encontrar feições anômalas. A identificação de evidências de reorganização fluvial permitiu mostrar a importância dessas para a dinâmica evolutiva quaternária da rede hidrográfica e para a morfogênese regional.

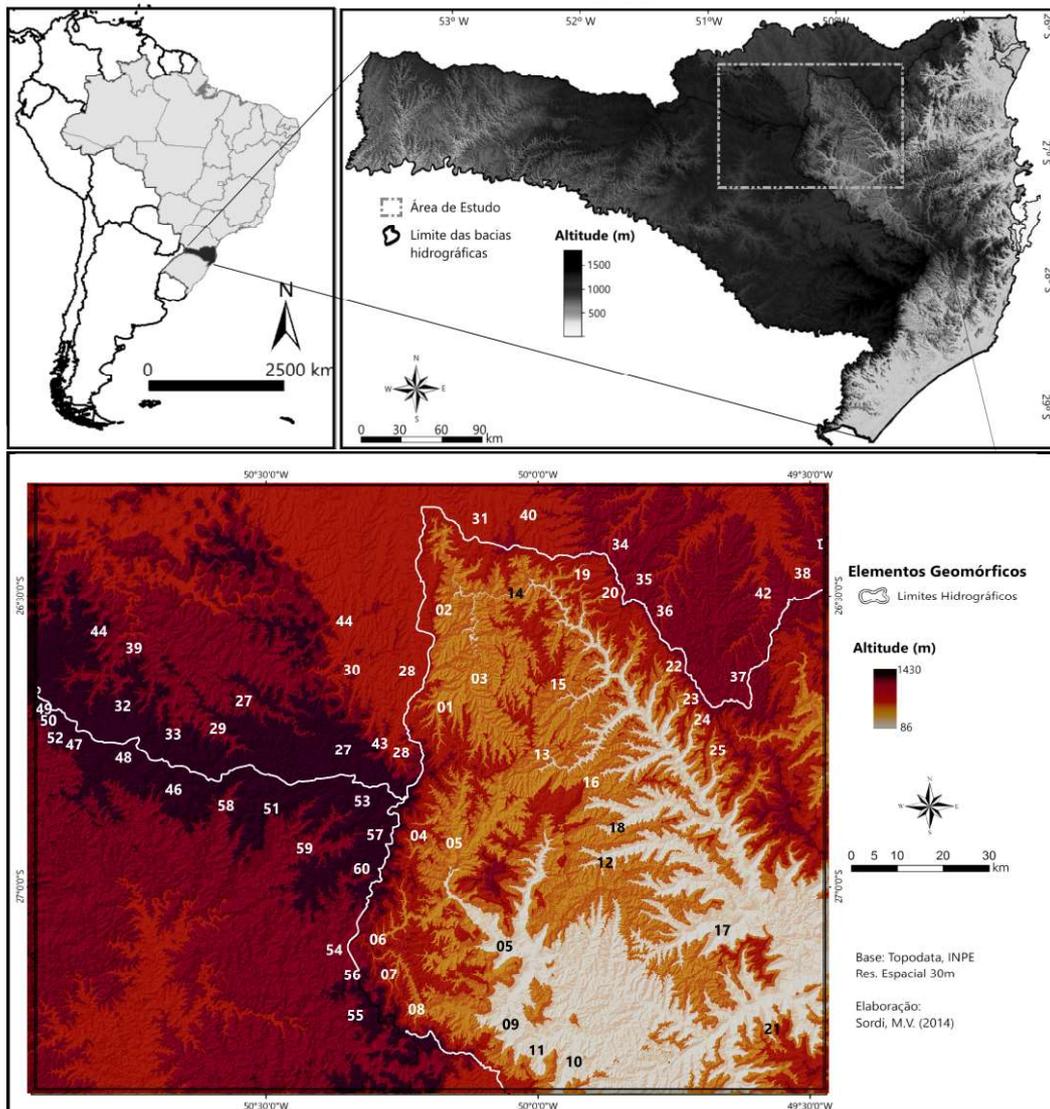


Figura 1 - Localização e Modelo Digital de Elevação da porção noroeste de Santa Catarina onde se encontra o tríplice divisor entre as bacias hidrográfica dos rios Itajaí-Açu, Paraná e Uruguai. Os números indicam a localização dos canais para os quais foi calculado o índice RDE.

### Caracterização da Área De Estudo

O estado de Santa Catarina é embasado por duas unidades geotectônicas principais: o Cinturão Atlântico e a Bacia Sedimentar do Paraná. No Cinturão Atlântico (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998) afloram os sedimentos quaternários na faixa litorânea e uma faixa de rochas magmáticas e metamórficas pré-cambrianas no centro-leste, que constituem a Serra do Mar. Em direção a oeste, em contato erosivo/tectônico com o Cinturão Atlântico, a unidade tectônica é a Bacia Sedimentar do Paraná. A área de estudo se localiza na borda leste da Bacia do Paraná, onde aflora uma sucessão de rochas sedimentares gondwânicas e os derrames de lavas básicas, intermédias e ácidas da Serra Geral (MARQUES;

ERNESTO, 2004). A área interior do estado Catarinense, onde a unidade estrutural correspondente é a Bacia do Paraná, sofre influência do Arco de Ponta Grossa e do Sinclinal de Torres, com inúmeros alinhamentos estruturais importantes, como os alinhamentos Serra Geral (NW-SE), do rio Uruguai (NE-SW), rio Canoas (NW-SE), Ponte Alta (N-S), rio Engano (ENE-WNW) e Porto União (NW-SE) (SCHEIBE; FURTADO, 1989) (Figura 2).

O relevo do estado de Santa Catarina é caracterizado pela existência de duas grandes unidades morfoestruturais separadas entre si pela Serra do Mar e pela Serra Geral (PELUSO-JÚNIOR, 1986). O litoral abrange a planície litorânea e as escarpas das serras. A

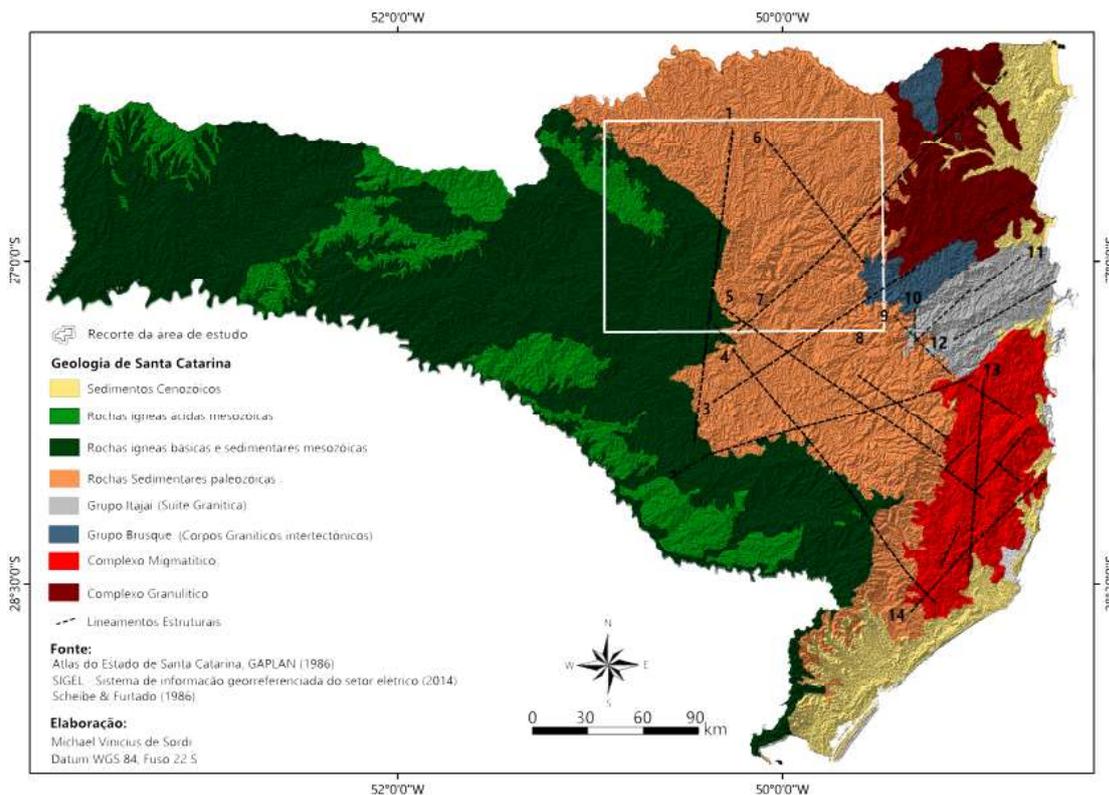


Figura 2 - Mapa geológico do Estado de Santa Catarina. Os alinhamentos com influência na área de estudo se referem a: 1) Alinhamento Ponte Alta; 2) Rio Engano; 3) Rio do Sul; 4) Rio Canoas; 5) Serra Geral; 6) Rio Hercílio; 7) Corupá; 8) Porto União

área do planalto, por sua vez, pode ser dividida entre região nordeste (onde os canais drenam para o rio Iguaçu) e região sudeste e oeste (onde os rios drenam para o Uruguai).

A rede de drenagem pode ser compartimentada a partir dos principais sistemas hidrográficos. As bacias costeiras estão situadas no leste do Estado e tem na bacia do rio Itajaí-Açu seu curso de drenagem mais importante, com uma área de 15.112 km<sup>2</sup>. No total são 36.358 km<sup>2</sup> (38,25 % do território do estado de Santa Catarina) de áreas com cursos d'água que desaguam diretamente no Oceano Atlântico (Figura 1). A área pertencente ao rio Paraná (Iguaçu) se restringe à porção norte-nordeste de Santa Catarina, com um total de 10.904 km<sup>2</sup> (11,5%) nesse Estado. As áreas drenadas pelo rio Uruguai totalizam 47.785 km<sup>2</sup> (50,25%) e abrangem todo o oeste catarinense e a parte centro-sul do Estado.

No estado de Santa Catarina ocorrem 5 formações vegetais principais (LEITE, 1994): (i) Floresta Ombrófila Densa; (ii) Floresta Ombrófila Mista; (iii) Estepe Ombrófila; (iv) Floresta Estacional Semidecídua e (v)

Floresta Estacional Decídua. O território catarinense enquadra-se no clima mesotérmico segundo a metodologia de classificação climática de Köppen. No setor litorâneo e partes de menor altitude do Oeste Catarinense, o clima é o Cfa, caracterizado por regime de precipitações bem distribuídas ao longo ano, concentradas no verão, com média de temperatura do mês mais quente acima dos 22°C. Nas regiões mais elevadas e serras, o Cfb é o clima predominante, com verões mais úmidos que os invernos, chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano, no mês mais quente a temperatura média é inferior a 22°C (NIMER, 1990).

### Metodologia

Para verificar as causas da reorganização da drenagem da área do Planalto de Santa Catarina foram utilizados parâmetros morfométricos e informações morfológicas. Para análise altimétrica, de declividade e do grau de dissecação das bacias hidrográficas foram utilizados dados morfométricos: o índice RDE (relação declividade-extensão), perfis topográficos longitudinais

dos canais e perfis transversais, atravessando a área de estudo. Por meio de mapeamentos em imagens aéreas e dados de radar foram obtidas informações morfológicas. Evidências morfológicas foram condensadas em um mapa de rearranjos fluviais, no qual foram plotados, além dos cotovelos de captura, áreas com drenagem ortogonal, baixos divisores e vales superdimensionados.

O índice RDE ou índice relação declividade-extensão (HACK, 1973) consiste basicamente na análise do perfil longitudinal do rio, em sua totalidade ou em trechos específicos, relacionando a declividade e a extensão do canal com possíveis anomalias no perfil do curso d'água. No Brasil, alguns estudos têm utilizado o RDE para indicar áreas de anomalias e desequilíbrios dos cursos d'água (ETCHEBERE *et al.*, 2004; 2011; FUJITA *et al.*, 2011).

Devido às grandes dimensões espaciais da área de estudo as análises realizadas se limitaram a bacias hidrográficas de terceira ordem e superior. Desta forma, foram utilizados dados de elevação, obtidos a partir do radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), por meio do site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) <[www.inpe.br](http://www.inpe.br)>, com resolução de 30m. Também foram utilizados dados vetoriais da rede de drenagem, extraídos de cartas topográficas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e do Exército, disponibilizados pelo site da EPAGRI (Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina). Imagens aéreas (escala 1:10.000) disponibilizadas *on-line* pelo site <<http://sigsc.sds.sc.gov.br>> auxiliaram as análises. Os perfis topográficos e mapas foram confeccionados através dos *softwares* Global Mapper 10®, Spring 5.2.6® e ArcGis 10.1®.

As análises supramencionadas forneceram um conjunto de dados morfométricos e morfológicos sobre a rede hidrográfica que, quando inter-relacionado, possibilitou realizar interpretações. Estas objetivaram a compreensão dos mecanismos de evolução da drenagem na área do tríplice divisor hidrográfico na área do Planalto de Santa Catarina ao longo do Cenozóico.

## **Resultados**

A relação declividade-extensão ou índice RDE revelou grande variação na área de estudo, de 6,2 a 73,6. Os valores baixos estão associados a canais bem ajustados em relação a seus perfis topográficos longitudinais,

e a perfis mais suaves. Valores elevados retratam perfis longitudinais mais íngremes e canais desajustados, com rupturas de declive (*knickpoints*) (Figura 3).

Os afluentes avaliados do rio Itajaí-Açu possuem índices de RDE mais elevados (Figura 3). Isso demonstra cursos d'água com alta declividade, desajustados em relação a seus perfis longitudinais. O índice variou entre 14,2 e 73,6, com média de 50,3. Os valores mais baixos estão associados a canais que não estão localizados junto à escarpa (Rio da Prata, Rio Taiózinho, Ribeirão Dollman), além do rio Iraputã que drena o patamar superior do Planalto de Santa Catarina. Os maiores valores dessa unidade hidrográfica se localizam a sudeste, no limite com a bacia do rio Uruguai (Rio Taió, Rio do Rauen) e na área nordeste, no limite com a bacia do rio Iguazu (Rio do Bispo, Rio do Veado, Rio do Toldo, Rio da Louza, Rio Platê). Na região central, onde se localiza o tríplice divisor, os valores são menores (Rio Guarani, rio Itajaí do Norte).

Os menores valores são encontrados nos canais que fluem para o rio Iguazu, refletindo cursos d'água com menor declividade e maior extensão, e canais em relativo 'equilíbrio' (Figura 3). Nesse caso, o índice RDE apresentou valores entre 6,8 e 34,6, com média de 18,39. Além disso, dos 19 canais analisados, 14 deles apresentam valores abaixo de 21 (Figura 3). Os valores mais baixos estão associados a áreas embasadas pelas rochas dos Grupos Itararé e Guatá, drenadas pelo rio Preto, mais a leste no estado. Na área central do estado, drenada pelos rios da Ponte e da Serra, entre outros, embasada pelas rochas do Grupo Passa Dois, os valores do RDE estão dentro da média dessa unidade hidrográfica. Na área mais a oeste, no limite entre as bacias dos rios Paraná e Uruguai, onde aparecem as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, os valores de RDE são maiores (ribeirão Santa Maria, ribeirão São Miguel, córrego Gravatá).

Para os afluentes do que pertencem à bacia do rio Uruguai, os valores do índice RDE também apresentaram uma tendência uniforme, com mínimo de 6,2 e máximo de 37,6, porém com valores se concentrando entre 23 e 35 e média de 28,35 (Figura 3). Os maiores valores do índice RDE estão no limite entre as unidades hidrográficas Paraná/Uruguai, onde o índice é quase sempre maior que 25. Os valores mais baixos, por outro lado, estão no setor sudeste, no limite com a bacia do rio Itajaí-Açu.

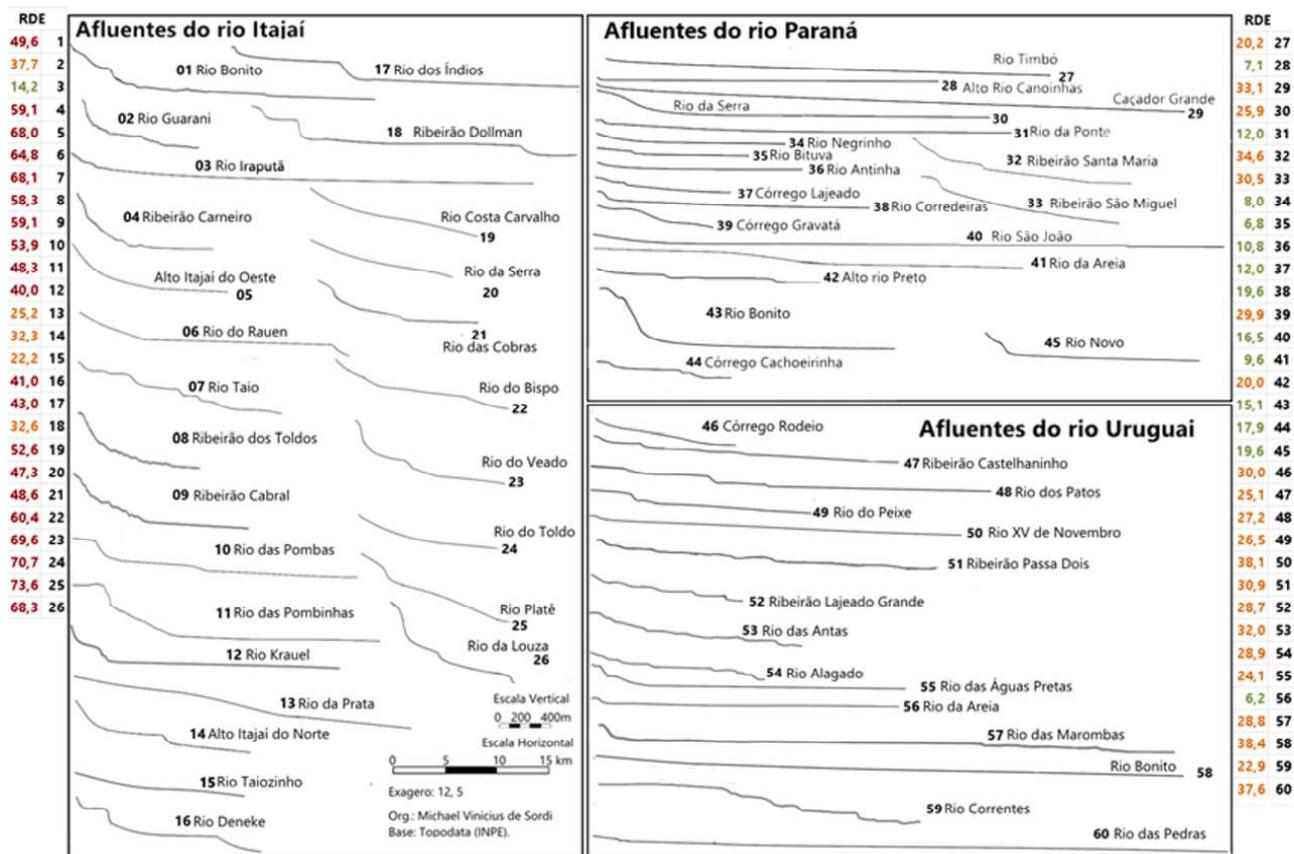


Figura 3: Perfis topográficos longitudinais dos canais por unidade hidrográfica pertencente. Ao lado os valores de RDE para os respectivos cursos d'água. A localização dos perfis se encontra na Figura 1

Os perfis topográficos longitudinais dos canais (Figura 3) são a expressão gráfica dos resultados do RDE, confirmando que o perfil apresentado pelos cursos d'água tem características diferenciadas de acordo com a unidade hidrográfica a qual ele pertence. Os afluentes do rio Itajaí-Açu são aqueles que apresentam perfis mais íngremes, frequentemente apresentando escalonamento (perfil em escadaria) que nascem junto à escarpa, que nascem junto à escarpa. As maiores declividades estão no terço superior desses rios onde, na transição entre o setor da escarpa e o planalto, normalmente ocorrem *knickpoints* (Figura 3). Outra característica dos perfis dessa unidade hidrográfica é apresentar pequenas porções, nas áreas de cabeceiras, muito planas, isso porque alguns canais já transgrediram a escarpa que delimita as bacias interiores e costeiras e instalaram suas nascentes junto ao patamar superior do Planalto de Santa Catarina, a oeste da Serra Geral, drenando os derrames vulcânicos da formação homônima (Figuras 1, 2 e 3). Já os afluentes do rio Paraná exibem perfis longos e suaves, de baixa declividade. Em geral, possuem baixa amplitude altimétrica e são contínuos, não apresentam

rupturas de declividade, o que reforça o argumento construído a partir do RDE que esses canais apresentam-se bem equilibrados. Já os tributários do rio Uruguai apresentam levemente maior declividade e perfis mais íngremes, demonstrando menor equilíbrio em relação aos canais do rio Paraná.

Além disso, a rede de drenagem da área de estudo apresenta morfologias típicas de reorganização fluvial (BISHOP, 1995), nesse caso predominantemente aquelas associadas à captura fluvial. Destacam-se (Figura 4): o cotovelo de captura (*elbow*) (i), aos quais estão também associadas feições como baixos divisores (ii), vales secos (iii), além de vales decapitados superdimensionados (iv) e padrão de drenagem ortogonal (*barbed*) (v). O cotovelo se forma com a mudança de direção do canal capturador, que passa a fluir na direção de fluxo do canal capturado, podendo deixar parte do vale deste seco e formando um baixo divisor (i). Devido à captura, pode ocorrer diminuição da vazão e da capacidade erosiva dos rios, que passam a apresentar formas (vales, terraços) incompatíveis com a sua capacidade atual (Figura 4 - vale superdimensionado). A formação do padrão de

drenagem ortogonal, por sua vez, se deve à mudança da direção do canal, pela qual, os canais que geralmente apresentam confluências em ângulos menores que 90° passam a apresentar ângulos maiores que 90°.

Ressalta-se que os vales superdimensionados estão todos localizados nas bacias dos rios Paraná e Uruguai (Figura 4), geralmente em áreas próximas ao limite entre essas bacias e a do rio Itajaí-Açu. Já os cotovelos de captura se localizam principalmente na bacia do rio Itajaí-Açu em área próxima aos seus divisores com as dos rios Uruguai e Paraná e, secundariamente, na bacia do rio Paraná em área próxima a do rio Uruguai.

Por fim, a figura 4 demonstra que os baixos divisores se concentram principalmente no limite entre a bacia do rio Itajaí-Açu com as dos rios Uruguai e Paraná e, secundariamente no limite entre essas duas últimas bacias hidrográficas. Os cotovelos foram classificados de acordo com sua área de influência sobre a paisagem em locais e regionais. Estes últimos se referem a cotovelos de captura de maior destaque, que marcam a captura de extensas áreas, enquanto os cotovelos de captura local marcam eventos com abrangência mais restrita, sobre áreas menores.

Os perfis transversais (Figura 5) mostram uma

### Elementos de rearranjo fluvial no divisor hidrográfico Itajaí - Paraná - Uruguai (SC)

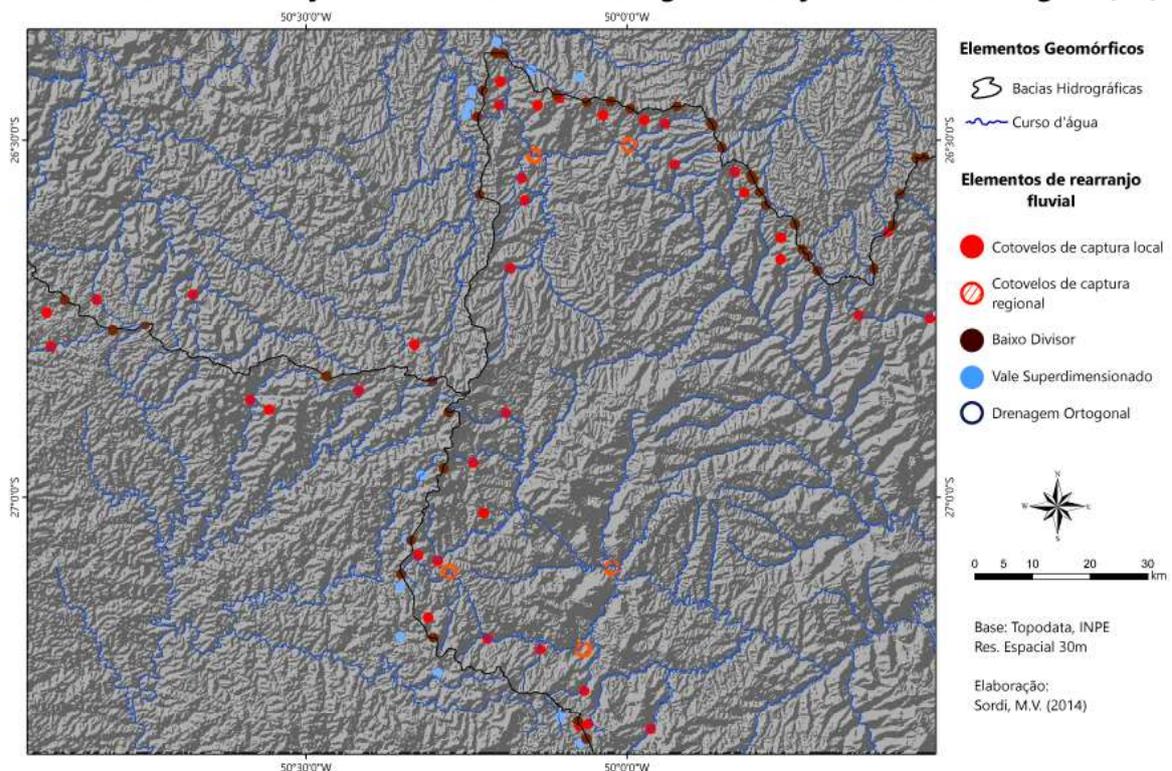


Figura 4 - Evidências morfológicas de reorganização fluvial, mapeadas a partir de produtos de sensoriamento remoto

série de trechos de vales muito encaixados, contrastando com as altitudes no topo do Planalto de Santa Catarina (identificadas pelos círculos azuis nos perfis 1, 2, 3 e 4 da Figura 5). Essas áreas estão distribuídas especialmente no interior da bacia do rio Itajaí-Açu e nos limites entre a bacia do Itajaí-Açu e as bacias interiores. Além dos vales encaixados, foram destacadas também as elevações residuais (identificadas pelos círculos marrons – Figura 5), que contrastam com as altitudes

médias das unidades hidrográficas. Essas feições estão presentes em todos os perfis, mas mais marcadamente na bacia do rio Itajaí-Açu, onde as amplitudes são de mais de 500m (Figura 5). Em contraste as amplitudes se tornam menores na bacia do rio Paraná – da ordem de até 300m (Figura 5 – perfil 1) e do rio Uruguai – também de cerca de 300m. Outra característica é o escalonamento entre e nas bacias hidrográficas, que ocorre principalmente na bacia do rio Itajaí-Açu (perfis 2 e 4 – Figura 5) e também entre as unidades hidrográficas costeiras

e continentais (perfis 1 e 3 – Figura 5). Em suma os valores do índice RDE, bem como o perfil transversal dos canais e dados de radar SRTM demonstram que os afluentes do rio Itajaí-Açu, na área examinada, possuem suas cabeceiras em patamares altimétricos e topográficos típicos de suas bacias vizinhas localmente: Paraná

e Uruguai. Desta forma, torna-se plausível atestar que essas cabeceiras drenam áreas morfologicamente pertencentes anteriormente a essas outras duas bacias e apenas aqueles setores das drenagens localizados a leste do escarpamento apresentam paisagem típica da bacia do rio Itajaí-Açu (Figuras 1, 3, 4 e 5).

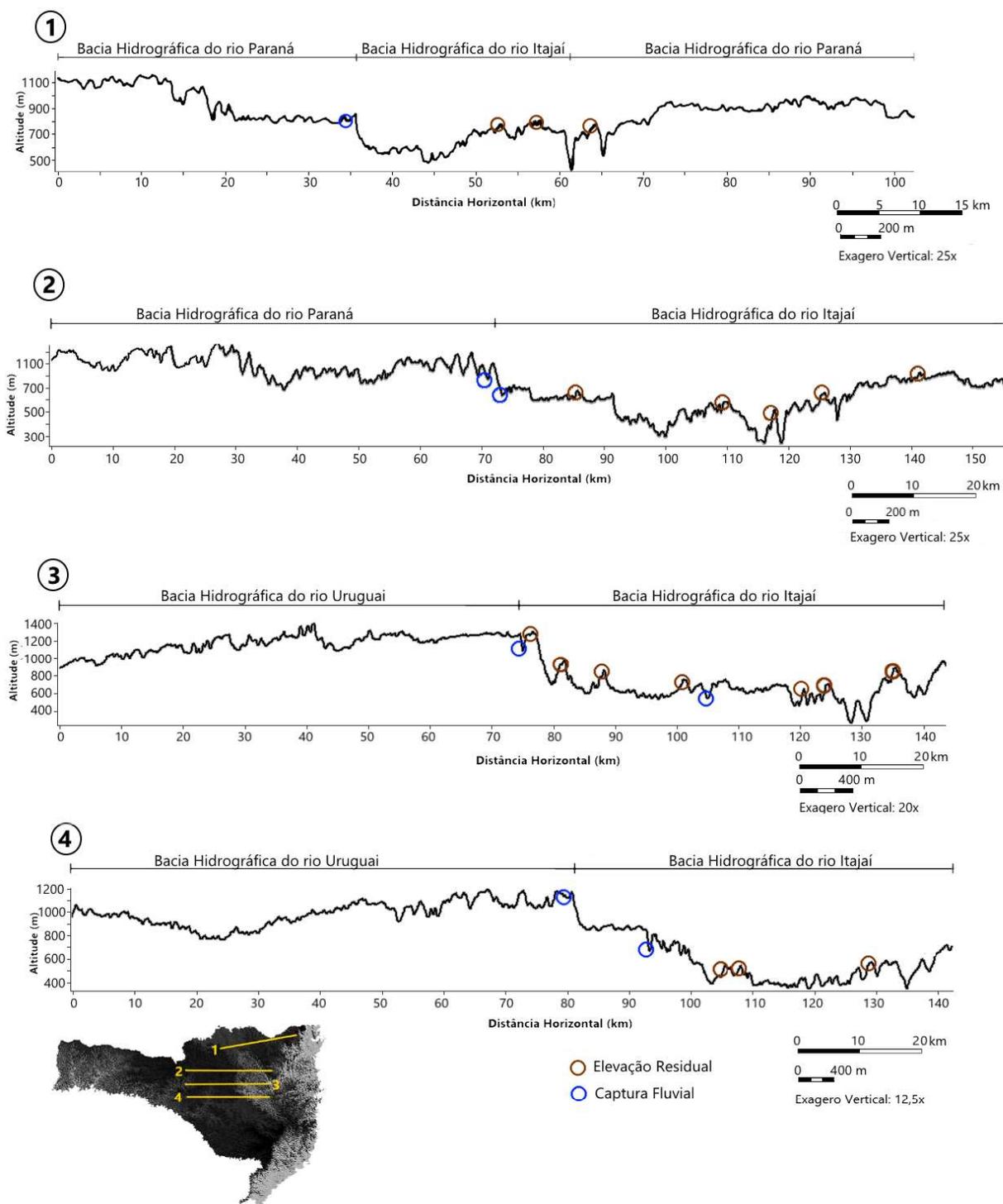


Figura 5 - Perfis topográficos transversais cruzando a área de estudo de W-E e as respectivas bacias hidrográficas

## Discussões

Os dados morfométricos e morfológicos apresentados mostram que os cursos d'água na área do tríplice divisor hidrográfico Itajaí-Açu – Paraná– Uruguai – estão em processo contínuo de reorganização fluvial. Há uma clara diferenciação da dinâmica evolutiva das três grandes bacias hidrográficas estudadas. Essa diferença pode ser percebida ao se analisar o RDE e os perfis longitudinais (Figura 3), pois os mesmos demonstram a existência de três padrões diferenciados quanto à declividade, amplitude altimétrica e o nível de base. Desta forma, é possível estabelecer uma hierarquia no grau de dissecação (Figura 1): (i) as porções do planalto pertencentes à bacia do rio Itajaí-Açu correspondem àquelas áreas mais dissecadas (relevo movimentado) com maior amplitude altimétrica, maior densidade de drenagem e nível de base regional mais baixo, com perfis mais íngremes e altos valores de RDE; (ii) àquelas menos dissecadas (topograficamente mais homogêneas), com menor amplitude altimétrica e densidade drenagem e nível de base regional mais elevado pertencem bacia do rio Paraná, onde os perfis topográficos são mais suaves e os valores de RDE são mais baixos e; (iii) as que pertencem à bacia hidrográfica do rio Uruguai, apresentam níveis de dissecação, amplitude altimétrica, densidade de drenagem e nível de base regional intermediários, assim como seus perfis e os valores de RDE.

As feições existentes (cotovelos de captura, baixos divisores, vales superdimensionados e padrões de drenagem ortogonal) (Figura 4) indicam que o mecanismo evolutivo da rede de drenagem predominante foi o de capturas fluviais. Fato que é sugerido pela existência de vales encaixados (Figura 5 - perfis 2 e 3) no alto das serras Geral, Rancho Grande e Moema, contrastando com as altitudes típicas do planalto uma vez que os segmentos de rios presentes nestes vales ganham mais energia com a captura, em função do maior gradiente do rio captor. A diferença altimétrica entre os vales e o topo das Serras (Figura 5) ilustra a intensidade do processo de dissecação e incisão vertical dessas drenagens, e só é possível de ser explicada por um processo atípico, tal qual a reorganização da rede de drenagem por processos de capturas fluviais, como também demonstraram Cherem *et al.*, (2013); Rezende *et al.*, (2013) para o Sudeste Brasileiro.

Os cotovelos de captura se localizam sempre nas bacias hidrográficas captadoras. Esse fato leva a pen-

sar que a bacia do rio Itajaí-Açu está capturando áreas das bacias do Paraná e Uruguai (Figura 4), isto porque, todos os cotovelos de captura no limite entre a bacia do rio Itajaí-Açu e àquelas do interior, estão localizados na bacia que drena diretamente para o oceano. Em menor proporção, na área limítrofe entre a bacia do rio Paraná e Uruguai, também são observados cotovelos de captura, sendo que estes estão localizados em ambas as unidades hidrográficas, a primeira vista devido a aspectos geomorfológicos ainda não suficientemente compreendidos. A existência de baixos divisores é outro indicativo das capturas. Estes se concentram nas áreas limítrofes das bacias, especialmente no limite entre o rio Itajaí-Açu e as bacias interiores. Já os vales superdimensionados estão localizados nas bacias hidrográficas que tiveram parte de suas áreas capturadas, pois indicam canais decapitados. Desta forma, a localização dos vales superdimensionados nas bacias interiores (Paraná e Uruguai) confirma a existência do processo de captura fluvial pela drenagem da bacia do rio Itajaí-Açu.

A presença de compartimentos escalonados próxima ao limite atual do tríplice divisor hidrográfico (figuras 1, 3 e 5) mostram que a evolução da área se deu em diferentes pulsos erosivos, que marcam eventos de reorganização fluvial. Os canais capturadores, ao incorporar áreas e drenagens fazem aumentar o *input* de energia do processo erosivo, devido ao aumento do poder de erosão e aumento da vazão dos canais (Figura 6). Após um período de processos erosivos acelerados estes tenderiam a se estabilizar, até um *input* de energia reiniciar o processo (Figura 6, momento 4).

Em suma, o mecanismo de evolução da rede de drenagem, e em consequência do relevo na área do tríplice divisor de águas de estudo assemelha-se aquele descrito por Prince *et al.*, (2010) para o Blue Ridge Escarpment, nos Estados Unidos, também descrito no sudeste brasileiro por Salgado *et al.* (2012). No momento 1 (Figura 6), as cabeceiras de drenagem localizadas no escarpamento que delimita as bacias do interior em relação a do rio Itajaí-Açu (bacia costeira) recuariam por erosão remontante, seguindo linhas de fraqueza estrutural, como falhas e fraturas, emprestando aspecto festonado para a linha de escarpa (Figura 6). Nessa etapa a escarpa está em sua posição original e representa o divisor hidrográfico entre os sistemas costeiros (rio Itajaí-Açu) e continentais (rios Paraná e Uruguai). No momento 2 a escarpa mantém sua posição original, mas não corresponde mais ao divisor hidrográfico princi-

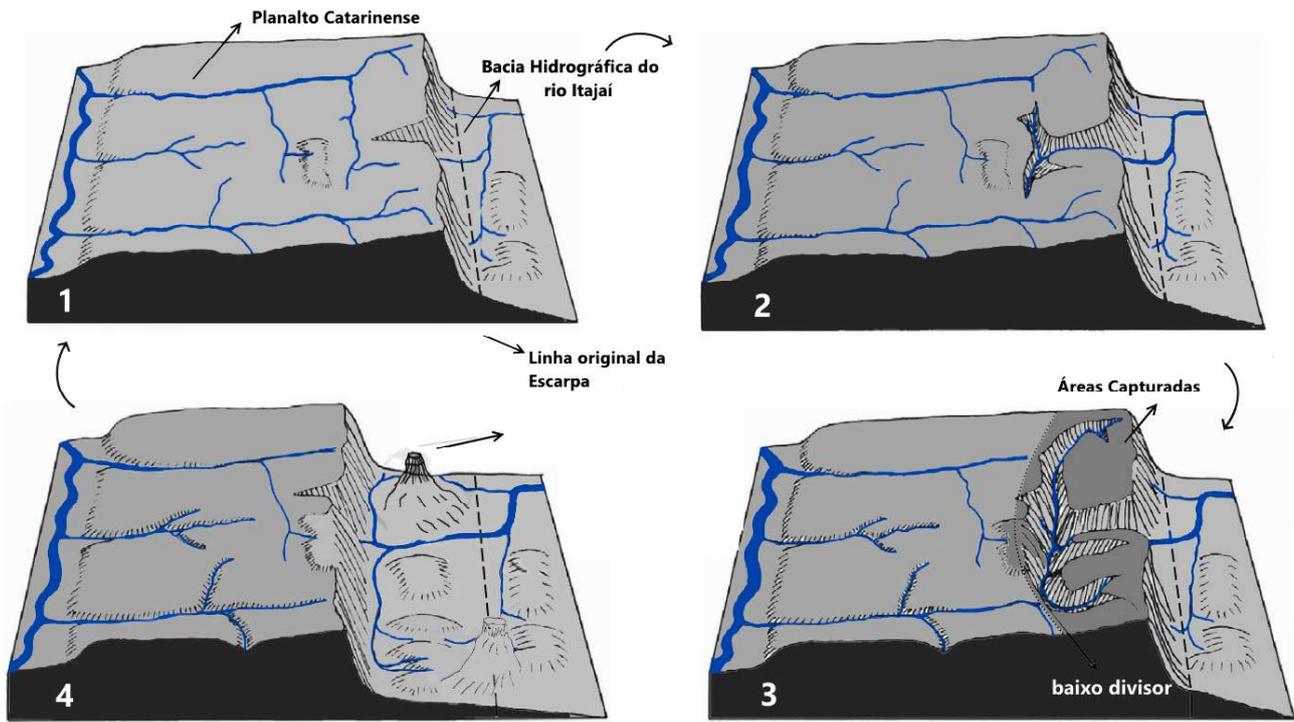


Figura 6 - Mecanismo de evolução das áreas adjacentes à escarpa que delimita os canais do rio Itajaí-Açu e os canais interiores (rio Paraná e Uruguai). Adaptado de Prince et al. , 2011

pal, pois as drenagens com maior poder erosivo já se instalaram no alto da escarpa (Figura 6). A partir desse momento, por meio de processos de reorganização da rede de drenagem, os cursos fluviais formariam uma unidade no alto planalto, além da escarpa, que fluem no sentido leste, diretamente para o oceano, como indica o momento 3 (Figura 6) e as áreas capturadas do mapa (Figura 7). A partir da reorganização fluvial todo o relevo tende a ser rebaixado, estabelecendo-se o equilíbrio com o novo nível de base – como mostra o momento 4 – onde apenas elevações residuais marcariam a existência de um antigo planalto naquele local. Apesar disso, é importante ressaltar que as drenagens estabelecidas sobre o planalto (etapa 3), mesmo aquelas que drenam diretamente para o oceano, devem apresentar taxas de dissecação menos intensas que aquelas posicionadas sobre a escarpa (etapa 1). A existência de cotovelos de captura a leste da posição atual da escarpa é um indicativo da ciclicidade do fenômeno, onde a etapa 1 sucede a 4.

Na área de estudo as diferentes etapas descritas são encontradas na paisagem atual, isso porque o processo de captura não é único e uniforme. Ele ocorre em taxas

e intensidades diferentes de acordo com as especificidades locais e a etapa em que se encontra cada captura fluvial. Além disso, algumas capturas significam um aumento em alguns km<sup>2</sup> na área drenada pela bacia do rio Itajaí-Açu, que só serão consumidos pela retração da escarpa após algumas dezenas de milhares de anos.

O processo de reorganização fluvial não é recente, trata-se de um processo recorrente ao longo dos últimos milhões de anos. Prova disso, são cotovelos de captura em áreas distantes do divisor hidrográfico atual, em rios de 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> ordem, como o Itajaí do Norte e Itajaí do Oeste, dois dos principais afluentes do rio Itajaí-Açu (Figura 4). Esses cotovelos de captura marcam inversões na direção dos canais, associadas a processos de captura fluvial. Essas capturas antigas marcam eventos de importância regional, uma vez que a partir das mesmas áreas expressivas foram integradas à bacia do rio Itajaí-Açu em detrimento daquelas das bacias hidrográficas interiores.

Desta forma, enquanto algumas áreas capturadas – classificadas no mapa como áreas capturadas – encontram-se altimetricamente associadas com as unidades hidrográficas originais, e o processo de captura é relativamente recente, em outros locais onde o processo de

### Rearranjos fluviais na área do tríplice divisor Itajaí - Paraná - Uruguai (SC)

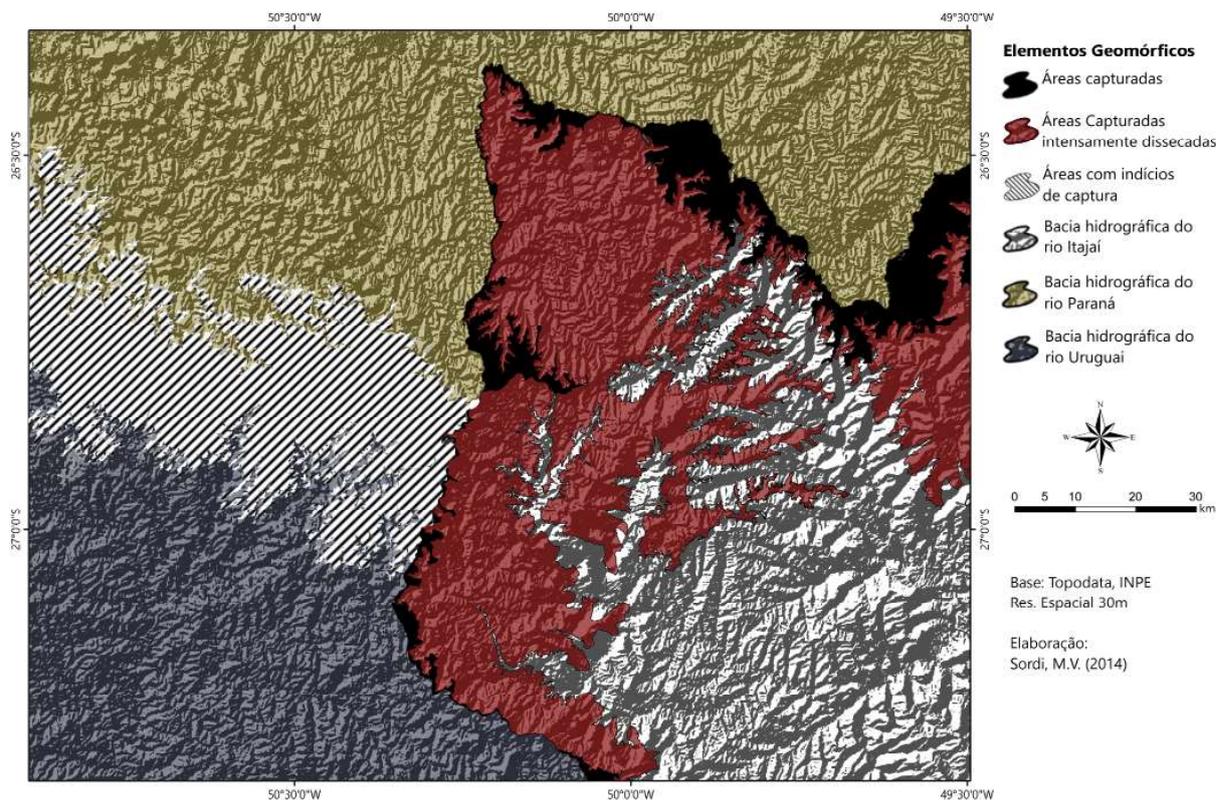


Figura 7 - Rearranjos fluviais na área de estudo, destacando as terras capturadas em cada uma das unidades (representadas pelas áreas em preto), as áreas capturadas intensamente dissecadas em vermelho e as áreas de possíveis capturas com hachuras

captura é mais antigo, expresso por capturas de cunho regional (Figura 4), o relevo mostra-se intensamente dissecado, formando patamar intermediário. Nestes locais as altitudes já não são mais aquelas da unidade capturada, sendo classificadas como “áreas capturadas intensamente dissecadas” (Figura 7).

Como resultado, na unidade hidrográfica do rio Itajaí-Açu, são comuns morros elevados com altitudes muitas vezes semelhantes e, por vezes até superiores, àquelas do planalto existente nas bacias dos rios Paraná e Uruguai (na área do tríplice divisor) (figuras 1, 4 e 5). Isso reforça que, em algum momento do passado, tais áreas estiveram conectadas à rede de drenagem das bacias do interior (rios Paraná e Uruguai). Diante disso, devido ao fato dos afluentes do rio Itajaí-Açu possuírem nível de base mais baixo na área de estudo, perfil topográfico com maior declividade e, conseqüentemente, maior poder de dissecção, seus canais recuaram por erosão remontante em direção ao planalto de Santa Catarina (a oeste) e essas áreas passaram a drenar em

direção ao oceano (Figura 7). Logo, as áreas do Planalto de Santa Catarina (nível altimétrico dos rios Paraná e Uruguai) que drenam em direção ao rio Itajaí-Açu são, de fato, áreas capturadas por essa bacia hidrográfica e tendem, devido ao recuo erosivo da escarpa a serem rebaixadas ao longo da escala de tempo (Cenozóico). Além disso, a presença de afluentes do rio Itajaí-Açu sobre o Planalto de Santa Catarina demonstra que, em muitos locais, o divisor hidrográfico não mais corresponde à linha da escarpa porque foi, nesses casos, deslocado para oeste devido a capturas fluviais e está atualmente localizado no Planalto de Santa Catarina (Figura 7). O rompimento da escarpa por esses canais é um processo geomorfológico determinante para a evolução regional do relevo (Figura 6 – momento 2).

Áreas ricas em elevações residuais, com características altimétricas diferentes daquelas típicas de sua unidade hidrográfica, não ocorrem apenas na bacia hidrográfica costeira (rio Itajaí-Açu), mas também em uma extensa faixa no limite local entre as bacias dos rios

Paraná e Uruguai, inclusive com maior expressão nessas unidades hidrográficas (Figura 7). Este fato leva a considerar um importante processo de rompimento desse divisor, possivelmente por capturas fluviais. Diferenças locais de intensidade de dissecação, declividade, nível de base e a existência de feições tais como baixos divisores e alguns cotovelos de captura permitem considerar que o processo de capturas fluviais também ocorre, em menor intensidade, na área limite entre as bacias dos rios Paraná e Uruguai (Figura 7). Além disso, estudos recentes de Paisani *et al.*, (2012; 2013) apontam para possíveis processos de reorganização fluvial, inclusive com paleocanais abandonados em ambas as unidades hidrográficas (Paraná e Uruguai). Em estudo de caso, Paisani *et al.* (2013) identificaram processos locais de captura subterrânea, pelos quais a bacia do rio Uruguai tem “roubado” áreas que pertenciam a bacia do rio Paraná durante o Quaternário tardio.

Comparando tais informações com as apresentadas neste artigo, percebe-se uma variabilidade de fatos que apontam para a presença na paisagem de abandonos de canais de diferentes gerações que podem expressar variações locais, setoriais e regionais entre os divisores dos rios Paraná e Uruguai. De todo modo, tais resultados vão ao encontro daqueles desta pesquisa em que o abandono de canais é um fato relevante na compreensão da competição entre grandes bacias hidrográficas por aumento de área drenada ao longo de sua história evolutiva.

Assim, a morfogênese da paisagem regional é reflexo da dinâmica evolutiva complexa comandada pela rede hidrográfica através de processos de rearranjo da rede de drenagem. O mecanismo predominante é a captura fluvial. Por erosão remontante, as cabeceiras de drenagem – dos canais fluviais da zona costeira – evoluem expandindo suas áreas em detrimento das bacias hidrográficas interiores. A reorganização da rede drenagem leva, em última análise, a uma modificação de toda a geomorfologia regional, onde o encaixamento da rede de drenagem e a dissecação fluvial tendem a conduzir a um rebaixamento do relevo como um todo. Tal processo provavelmente teve início quando o rio Itajaí-Açu que, no passado era apenas mais um curso fluvial costeiro, rompeu a Serra do Mar e, graças ao seu maior poder erosivo - consequência de possuir nível de base regional mais baixo - começou a erodir de forma acelerada o Planalto de Santa Catarina, alterando completamente sua dinâmica erosiva e evolutiva.

## Conclusões

Os tributários do rio Itajaí-Açu: i) por apresentar na região nível de base bem mais rebaixado em relação à bacia hidrográfica do rio Paraná (Iguaçu) e do rio Uruguai; ii) por possuir maior amplitude altimétrica e; iii) apresentar maior declividade e, conseqüentemente, maior energia; tem dissecado com muito mais intensidade o Planalto de Santa Catarina. Claramente, essa maior capacidade de dissecar o planalto se reflete na erosão remontante das suas cabeceiras o que promove a captura de áreas pertencentes às bacias hidrográficas interiores – do rio Paraná e rio Uruguai – que também capturam áreas entre si. Sendo assim, os afluentes do rio Itajaí-Açu capturam áreas e drenagens das bacias hidrográficas interiores (que drenam para os rios Paraná e Uruguai), rebaixando altimetricamente o relevo e fazendo com que a escarpa recue para oeste, porém mantendo – dadas as devidas proporções – uma feição escarpada no limite entre as unidades. Tal processo geomorfológico provavelmente teve início quando o rio Itajaí-Açu rompeu as escarpas da Serra do Mar e tem recorrência até o presente.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), em especial ao Programa CAPES/COFECUB (869/15), pelo apoio financeiro. Agradecemos também aos pareceristas por suas observações oportunas que ajudaram a enriquecer o conteúdo da presente publicação. Por fim, agradecemos ao apoio do Projeto de Pesquisa CNPq Universal 441501/2014-1.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F.F.M. & CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 28, n. 2, p. 135-150, 1998.
- BISHOP, P. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. *Progress in Physical Geography*, v. 19, n. 4, p. 449-473, 1995.
- CHEREM L. F.; VARAJAO, C. A. C.; BRAUCHER, R.; BOURLÈS D.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. F. D. Long-term evolution of denudational escarpments in southeastern Brazil. *Geomorphology (Amsterdam)*, v. 173 – 174, n. 1, p. 118-127, 2012.

- CHEREM, L.F.S.; VARAJAO, C. A. C.; MAGALHAES JUNIOR, A. P.; VARAJAO, A. F. D. C.; SALGADO, A. A. R.; OLIVEIRA, L. A. F.; BERTOLINI, W. Z. O papel das capturas fluviais na morfodinâmica das bordas interplanálticas do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 299-308, 2013.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J. A. J.; FULFARO, V. J. Aplicação do Índice “Relação Declividade-Extensão - RDE” na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências - USP - Série Científica**, São Paulo, v. 4, n.2, p. 43-56, 2004.
- HACK, J.T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **U.S. Geol. Survey, Jour. Research**, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.
- LEITE, P.E. As diferentes unidades fitoecológicas da região sul do Brasil - proposta de classificação. **Caderno de Geociências IBGE:RJ**, n.15, p.73-164.
- FUJITA, R.H.; GON, P. P.; STEVAUX, J.C.; SANTOS, M.L.; ETCHEBEHERE, M.L. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 4, p. 597-603, 2011.
- MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.2, pp. 63-154, 1947.
- MARQUES L.S.; ERNESTO, M. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO V, BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (eds.). **Geologia do Continente Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. Becca Produções Culturais, São Paulo, p. 245-263, 2004.
- NIMER, E. Clima. In: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (Ed.), **Geografia do Brasil/Região Sul**, IBGE, v. 2, p.151-187,1990.
- PAISANI, J.C., PONTELLI, M.E., CALEGARI, M.R. Evolução de bacias de baixa ordem nos 41.000 anos AP - Brasil Meridional. **Revista Mercator**, v. 11, n. 26, p.131 – 148, 2012.
- PAISANI, J.C.; CALEGARI, M.R.; PONTELLI, M.E.; PESSENDA, L.C.R.; CÔRREA, A.C.B.; PAISANI, S.D.L.; RAITZ, E. O papel das mudanças climáticas do Quaternário Superior na dinâmica evolutiva de paleovale de segunda ordem (Sul do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 1, p.103 -116, 2013.
- PELUSO JR., V.A. O Relevo do Território Catarinense. **Revista Geosul**, n.2, v. 1, p. 7-69, 1986.
- PRINCE, P.S.; SPOTILA, J.A.; HENIKA, W.S. New physical evidence of the role of stream capture in active retreat of the Blue Ridge escarpment, southern Appalachians. **Geomorphology**, n. 123, n. 3-4, p. 305-319, 2010.
- REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R.; SILVA, J. R. Fatores controladores da evolução do relevo no flanco N-NW do rift continental do sudeste do Brasil: uma análise baseada na mensuração dos processos denudacionais de longo-termo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n.2, p. 219-232, 2013.
- SALGADO, A. A. R.; SOBRINHO, L.C.; CHEREM, L. F.; VARAJÃO, C.A. C.; VARAJÃO, C. A. C.; BOURLÈS, DIDIER L.; BRAUCHER, R.; MARENT, B. R. Estudo da evolução da escarpa entre as bacias do Doce/Paraná em Minas Gerais através da quantificação das taxas de desnudação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, p. 213-222, 2012.
- SCHEIBE, L. F.; FURTADO, S.M.A. Proposta de alinhamentos Estruturais pra um Esboço Geotectônico de Santa Catarina. **Revista Geosul**, n.8, v.4, p. 78 – 91, 1989.
- SCHMIDT, K.H. The significance of scarp retreat for Cenozoic landform evolution on the Colorado Plateau, USA. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 14, n. 2, 1989, p. 93-105.
- VALADÃO, R. C. **Evolução de longo termo do relevo do Cráton do São Francisco (desnudação, paleosuperfícies e movimentos crustais)**. 343 p. Tese (Doutorado) – UFBA, Salvador, 1998.