Geografia: Ensino & Pesquisa, Santa Maria, v. 12, n. 2, p 59 - 66, 2008 ISSN 0103-1538

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE HACK NO ESTUDO GEOMORFOLÓGICO EM AFLUENTES DO CURSO SUPERIOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ITAPOCU – SC - BRASIL.

POLZIN, Marcos A.[1]

RESUMO

O presente trabalho é parte integrante de um estudo maior que tem como objetivo levantar dados geomorfológicos e hidrológicos da Bacia do Itapocu, localizada no Nordeste do Estado de Santa Catarina, Brasil. Para tanto, foram pesquisados diversos métodos morfométricos que melhor detectassem as anomalias do gradiente fluvial propiciadas pelas mudanças no embasamento geológico. O método proposto por Hack, que corresponde ao índice SL (slope vs. lenght), apresentou-se uma ótima opção e foi inicialmente aplicado nos dois principais afluentes que compõem o curso superior do Rio Itapocu. Os resultados da aplicação do método nos perfis longitudinais apontam valores maiores entre as sucessões litológicas, principalmente entre as rochas vulcânicas/sedimentares e os gnaisses.

Palavras-chave: Rio Itapocu, Geomorfologia Fluvial, Método de Hack.

ABSTRACT

This paper is part of a broader study that aims to raise geomorphological and hydrological data of the Itapocu watershed, located in northeast Santa Catarina State, Brazil. For that, different morfometric methods had been searched that better detected the anomalies of the fluvial gradient propitiated by the changes at geologic basement. The method considered for Hack, correspondent to index SL (slope versus lenght), presented an excellent option and initially was applied in the two main tributaries that compose the superior course of the River Itapocu. The results of the application of the method in the longitudinal profiles point bigger values between the lithologics successions, mainly between the volcanic/sedimentary rocks and gnaisses rocks.

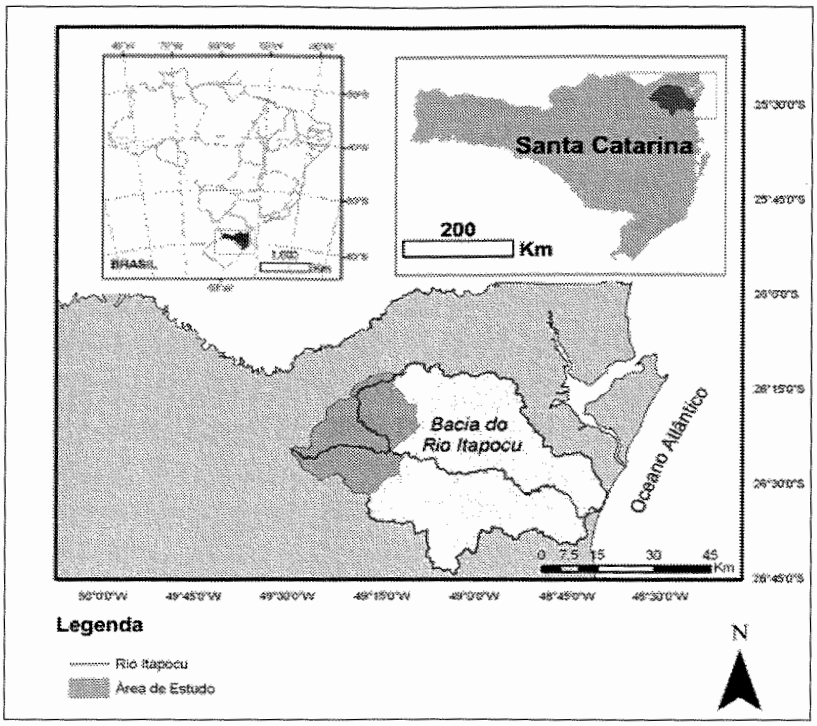
Key-words: Itapocu River, Fluvial Geomorphology, Hack Method.

[1]Mestrando do Programa de Pós-Graduação do Curso de Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. polzincom@yahoo.com.br

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio Itapocu está situada na região Nordeste do Estado de Santa Catarina e sua área representa um polígono com aproximadamente 2,9 mil/Km2. A área de estudo (Mapa 1) corresponde ao conjunto de sub-bacias com área total de 666,12 km2, que compõem o curso superior do rio Itapocu.

O Rio Itapocu é formado a partir da confluência dos rios da Bruaca e Vermelho, ambos com suas nascentes nas áreas elevadas do "Patamar de Mafra" e do "Planalto de São Bento do Sul". Nas sub-bacias estudadas são também encontradas as maiores amplitudes topográficas e as maiores declividades (Mapa 3). As extensões dos rios estudados são de 40,36 km (Rio da Bruaca) e 53,23 km (Rio Vermelho).



Mapa 1 – Localização da área de estudo. Fonte: do autor.

CONTEXTUALIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E GEOLÓGICA

Segundo ROSA e HERRMANN (1986), as formações constituídas por rochas sedimentares muito friáveis deram origem a um relevo colinoso, com pequena amplitude altimétrica que, é resultado de um modelado de dissecação fluvial homogênea, denominado Unidade Geomorfológica Patamar de Mafra, encontrado no extremo oeste da bacia do Rio Itapocu, onde se localizam as nascentes do Rio da Bruaca. Segundo Silva e Bertoluzzi (1987), essa formação geológica é composta por uma seqüência flúvio-marinha com influência glacial, com predomínio de rochas sedimentares tais como arenitos finos a grosseiro e diamictitos de matriz arenosa e argilosa, conglomerados, ritmitos, argilitos e varvitos.

> No noroeste da área de estudo encontra-se o Planalto de São Bento do Sul, cujo "relevo é formado por colinas que localmente mostram certa concordância topográfica e parecem corresponder a restos de uma superfície de aplanamento" (CARUSO et al.,2001. p. 42).

Este planalto situa-se entre 850 e 950 metros de altitude. O substrato pertence ao Grupo Campo Alegre onde se localizam as principais nascentes do rio Vermelho. O Grupo Campo Alegre é constituído por rochas efusivas e piroclásticas, além de rochas sedimentares como arenitos e conglomerados (SANTA CATARINA, 1986). Kaul (1997, apud CITRONI, 1998) identificou essa porção como "uma margem regenerada do Cráton Luiz Alves", já Hasui et al. (1975, apud CITRONI, 1998) considerou-a um maciço. Tais denominações devem-se ao longo período de estabilidade em que essa bacia permaneceu. Contudo, a parte norte dessa bacia, margeando o domínio

Curitiba, teria sido ativada durante a colagem tectônica do Neoproterozóico, entre os domínios Luiz Alves e Curitiba (SIGA JR, 1995).

Segundo Figueiredo et al. (1991), o Complexo Luiz Alves, também denominado por Hartman e Silva (1979) de Complexo Granulítico de Santa Catarina, é constituído por ortogranulitos, derivados de suíte ígnea básica intermediária-ácida, de composição tonato-granodiorítica com diferenciado básicos subordinados. O complexo granulítico limita-se ao Norte com o Domínio Curitiba, ao Oeste a Bacia do Paraná, ao Sul com o Cinturão Dom Feliciano e a calha sedimentar do Grupo Itajaí, e a leste com o Domínio Paranaguá.

A Unidade Geomorfológica Serra do Mar isola o planalto do litoral e "apresenta-se como um conjunto de cristas e picos, separados por vales profundos em 'V' e com encostas íngremes" (Caruso et al. 2001. p. 42). .

METODOLOGIA

Foi levantada bibliografia especializada em geologia e geomorfologia e documentos cartográficos de apoio que abrangesse essas duas especialidades. Também foram consultados métodos de interpolação que melhor representassem tanto graficamente quanto cartograficamente os resultados obtidos.

Para a análise morfométrica dos dois principais afluentes (Rio da Bruaca e Vermelho) foi utilizado o método proposto por Hack (1973), que corresponde ao índice SL (relação slope vs. length). Hack (op. cit.) realizou estudos em rios de diferentes magnitudes no interior dos Estados Unidos, entre eles o rio Potomac, e comparou as diferenças estruturais provenientes do embasamento de rochas sedimentares, e depósitos. Segundo o autor,"o perfil longitudinal de um rio pode oferecer pistas sobre materiais subjacentes, assim como uma visão dos processos geológicos e história geomorfológica de uma área". (HACK op. cit. p. 421)

Assim, tal índice tem como objetivo detectar alterações no curso fluvial decorrentes de mudanças no substrato geológico, aporte de carga ou tectonismo, como mencionam Etchebehere et al. (2004). A fórmula consiste na diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso d'água (Δh), dividida pela projeção tangencial da extensão do referido segmento (Δl) e multiplicada pelo comprimento total do curso d'água (L) a montante do ponto para o qual o índice está sendo calculado, como observado na Figura 1.

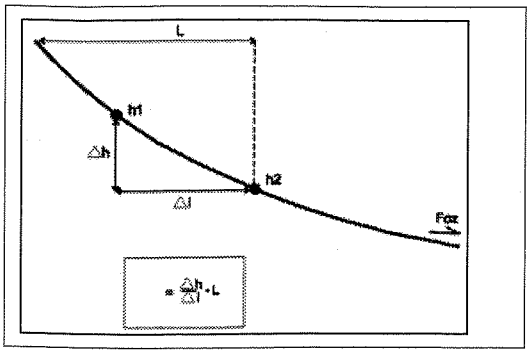


Figura 1 – Esquema da fórmula proposta por Hack. Fonte: Etchebehere et al (2004).

Deste modo, foi possível detectar as principais inflexões no perfil longitudinal dos rios estudados e estabelecer os valores por trecho.

Os dados foram obtidos através de mapas topográficos em escala 1:50.000 e os perfis foram plotados em escala logarítmica. Foram detectados 14 pontos de inflexões: sete pontos no rio da Bruaca sete pontos no rio Vermelho. Os pontos foram plotados no mapa geológico em escalas 1:250.000 e correlacionados às mudanças geomorfológicas e do substrato geológico de modo a identificar padrões nos gradientes topográficos. Foram identificadas duas principais inflexões (ou anomalias) em setores do Rio da Bruaca e três no Rio Vermelho, relacionados às mudanças do embasamento geológico. A essas identificações denominou-se Se1, Se2... Se3.

Para elaboração dos documentos cartográficos, foram utilizadas cartas topográficas vetorizadas disponibilizadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em escala 1:50.000. Para elaboração do mosaico que compõe a área de estudo, foram editadas as cartas topográficas Campo Alegre, São Miguel, São Bento do Sul, Jaraguá do Sul, Rio dos Cedros e Pomerode. Após a composição do mosaico e adição das cotas com auxílio do programa Arcgis 9.2, criou-se o MNT (Modelo Numérico do Terreno). Esse modelo consiste da interpolação linear das curvas de nível cotadas através do modelo matemático, cujo produto é a representação sob perspectiva tridimensional. A partir do resultado do MNT obtém-se uma série de subprodutos, entre eles o mapa de declividade e os perfis logarítmicos.

O mapa clinográfico adotou as classes definidas por Oliveira (2007) nos estudos em uma área com características morfológicas semelhantes ao setor estudado, variando de <3° a >35°. Com a interpolação dos mapas clinográfico e geológico, somados às representações dos perfis longitudinais (logarítmicos e aritméticos), pode-se obter uma melhor interpretação dos

dados. O mapa geológico foi elaborado respeitando a escala original (1:250.000) com dados disponibilizados pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Brookfield (1997) realizou estudos com a aplicação do índice de Hack em grandes sistemas fluviais no Sudeste Asiático com o objetivo de detectar alterações de cunho tectônico. Os valores levaram o referido autor a concluir que as alterações nos gradientes dos perfis longitudinais não correspondem necessariamente às mudanças litológicas, mas às mudanças estruturais, conseqüência da ação tectônica contínua que resulta em soerguimentos verticais distribuídos nas dobras que determinam os padrões desses rios. Brookfield (1997) indica que "mudanças no gradiente de rios que drenam os Himalaias não correspondem a mudanças litológicas, mas a mudanças estruturais" (p. 288).

Cabe aqui ressaltar as devidas proporções na escala e nas diferenças geológicas, geomorfológicas e, principalmente, tectônicas no comparativo entre as duas áreas de estudos. Contudo, um cenário semelhante pode ser observado no relevo do curso superior do rio Itapocu, embora o fator litológico pareça ter função primordial, principalmente nos gradientes fluviais.

O resultado das ações pretéritas tectônicas e sísmicas pode ser identificado pelos dobramentos remobilizados e pelas efusões basálticas e riolíticas que resultaram em bacia sedimentares.

Tais características geomorfológicas e litológicas parecem imprimir aos perfis longitudinais diferenças nos gradientes (Figuras 3 e 5). Todavia tais diferenças não estão apenas ligadas aos processos de deformação crustal ou heterogeneidades litológicas, mas também confluências com tributários, porém de modo mais localizado e sutil.

É importante salientar que o índice de SL também está relacionado com os níveis de energia da corrente correspondente à capacidade de erosão e transporte de sedimentos. Deste modo, os altos valores apontam uma aptidão maior de erodibilidade e competência. Não por acaso esses valores estão concentrados no setor correspondente às escarpas da Serra do Mar, onde ocorrem sucessões de knickpoints que conferem uma característica encachoeirada aos rios, incluindo quedas d'água superiores a 100m (Figura 2).

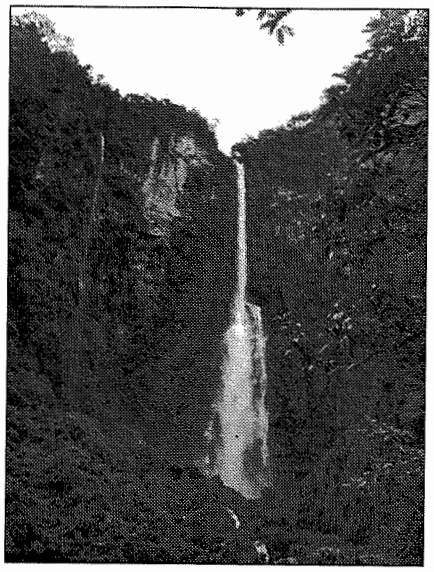


Figura 2 – Quedas d'águas com mais de 100 metros são comuns na transição litológica. Na foto acima: Cachoeira "Véu de Noiva" no rio Novo, município de Corupá. Fonte: do autor.

A presença dos knickpoints deve-se, em alguns trechos, à sucessão de rochas vulcânicas e sedimentares onde o processo erosivo, formado pela queda d'água, torna-se mais evidente.

Em relação aos leitos fluviais, os rochosos são observados nas escarpas. Nos setores com menor declive há intercalação de agradações e entalhes no talvegue por depósitos de seixos e barras laterais psamíticas. As conformações dos rios na área de estudo seguem a morfologia de modo que estes tendem a caracterizar perfis convexos.

Tal característica, segundo Hack (1973), é típica de rios não-equilibrados. Ainda, segundo Hack (op. cit.) e McKeown et al. (1988), os rios equilibrados são identificados pelo perfil côncavo, ou seja, prováveis alterações em seu curso levam a um ajuste da corrente, podendo este intensificar a incisão no seu próprio leito ou propiciando a agradação em busca um equilíbrio estático.

Não obstante, Bull (1991, apud BROOKFIELD, 1997) afirma não existir um equilíbrio estático porque os processos decorrentes de fluxos de corte e retirada ou agradação são constantes, por conseqüência mantém o ritmo com ascensão e subsidência do relevo.

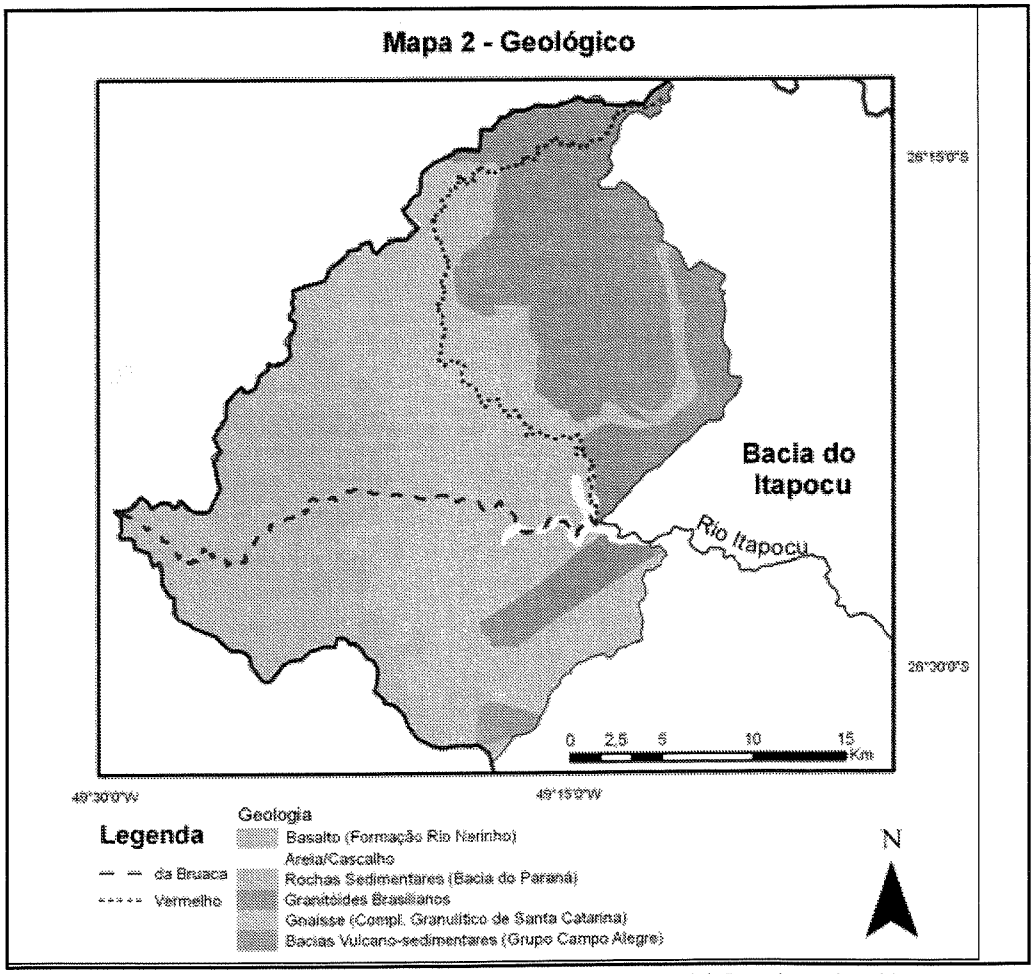
> "Apesar de não existir atualmente no planeta um perfil de equilíbrio estático, o equilíbrio dinâmico de um rio pode ocorrer onde erosão ou agradação equipara-se a soerguimento ou subsidência; estes ocorrem em diversos locais e períodos" (BULL, 1991, apud BROOKFIELD, 1997. p. 288)

Prevalecendo essa afirmação, os rios Vermelho e da Bruaca estariam em busca de seus equilíbrios estruturais

(graded). Nesse contexto, os perfis poderiam ser classificados num estágio quasi-equilibrium ou um processo erosivo e deposicional constante de período não determinado, embora Hack (1960) admita como pequena escala de tempo em termos geológicos.

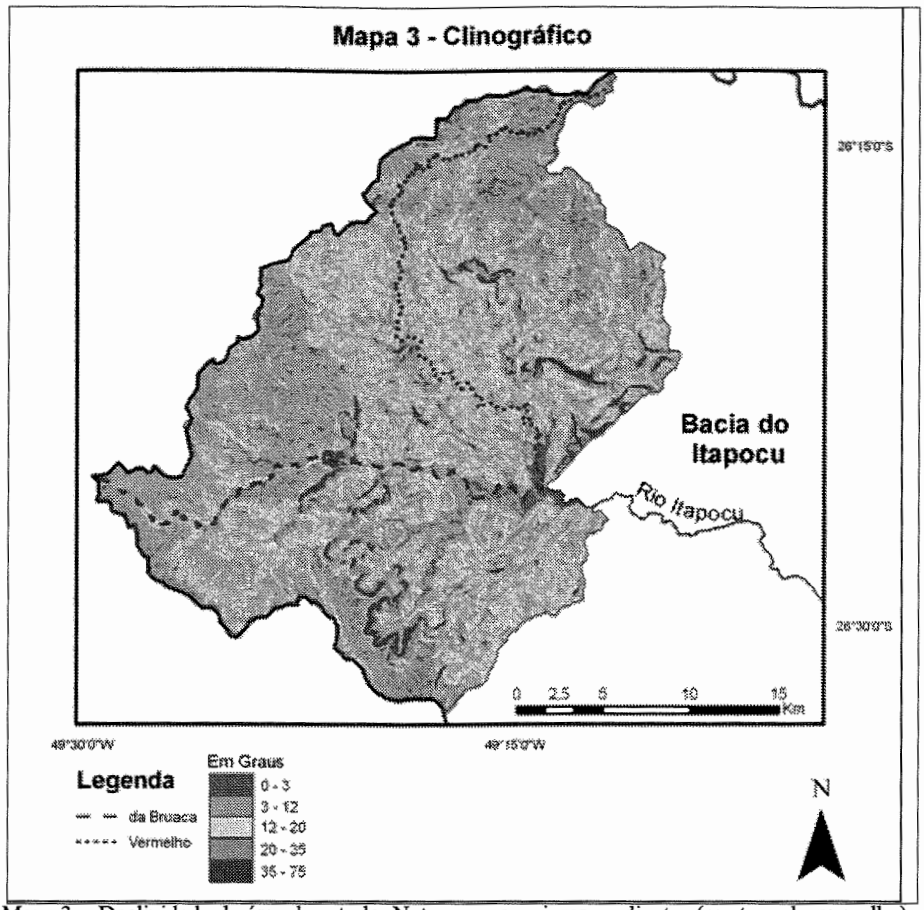
Como é esperado, nota-se um maior dissecamento nos embasamentos orto-metamórficos do Complexo Granulítico de Santa Catarina, muito mais antigos que o embasamento Fanerozóico e Proterozóico formados por rochas efusivas e sedimentares. Contudo, a partir da análise do perfil longitudinal, é possível identificar uma maior inflexão dos gradientes fluviais nos embasamentos próximos à borda, na transição com o Arqueano. Tal anomalia evidencia um processo erosivo remontante às Escarapas da Serra do Mar, propiciado pelas incisões nas quais sofrem as rochas mais suscetíveis à erosão que compõem esses embasamentos. Os processos de regressão de feições (upstream migration), como os knickpoints, foram amplamente discutidos por Howard, Dietrich e Sield (1994). Segundo esses autores, tais processos ocorrerem "...onde o leito rochoso com inclinação suave está situado entre camadas menos resistentes (HOWARD et al. 1994, p. 976).

O Mapa Geológico (Mapa 2) apresenta os diferentes embasamentos que são atravessados pelos rios da Bruaca e Vermelho.



Mapa 2 – Geologia da área de estudo. Fonte: DNPM (Departamento Nacional de Pesquisas Minerais). Organizado pelo autor.

O Mapa Clinográfico (Mapa 3) apresenta os maiores gradientes topográficos no reverso das Escarpas da Serra do Mar, entre os embasamentos sedimentares e efusivos com os gnaisses. É interessante notar nos mapas geológico e clinográfico as diferenças entre os perfis dos dois rios estudados. No rio da Bruaca a amplitude topográfica do relevo entre a Planície mais encaixada e o Planalto mostra-se estanque ou abrupta. O mesmo cenário não ocorre no rio Vermelho que percorre uma extensão maior do embasamento granulítico, cujo relevo assemelha-se a uma "rampa" com menor gradiente e mais extenso.



Mapa 3 – Declividade da área de estudo. Notam-se os maiores gradientes (em tons de vermelho) nas bordas, entre as formações "Campo do Tenente" e "Grupo Campo Alegre" com o "Complexo Granulítico de Santa Catarina" (Mapa 1). Fonte: do autor.

Os valores do índice de Hack (SL) variam de 20 a 1785 e de 25 a 1260 para os Rios da Bruaca e Vermelho, respectivamente. Os menores valores apresentam-se nas unidades geomorfológicas do Patamar de Mafra. Os maiores valores ocorrem nas escarpas da Serra do Mar.

No Rio Vermelho (Figura 3) o Se1 tem seu início a aproximadamente 4,3 km da nascente, na Unidade Geomorfológica do Patamar de Mafra. Nesse setor o curso atravessa a unidade geológica Grupo Campo Alegre, formada por sucessões de rochas vulcânicas básicas e ácidas. Os valores nesse setor apresentam-se os mais baixos, variando de 25 a 100. O Se2 ocorre na divisa do Grupo Campo Alegre e Formação Rio Negrinho, formado por rochas basálticas. É possível notar mudanças nas litologias que o curso do rio atravessa, que imprimem rugosidade ao perfil longitudinal. Entretanto, os valores nesse setor variam de 85 a 345. O Se3 tem seu início a aproximadamente 11 km da nascente, na divisa da Formação Rio Negrinho com o Complexo Granulítico. Destaca-se nesse setor a principal inflexão no perfil com o valor 1260 (Figura 4).

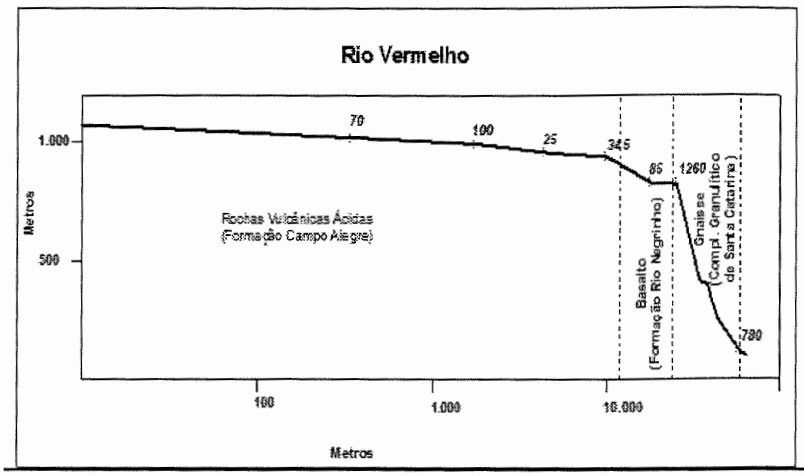


Figura 3 – Esquema representativo do perfil do rio Vermelho com os índices de SL nas principais inflexões. Notam-se as diferenças nos gradientes entre as sucessões litológias, principalmente entre os embasamentos efusivos e granulíticos.
Fonte: do autor.

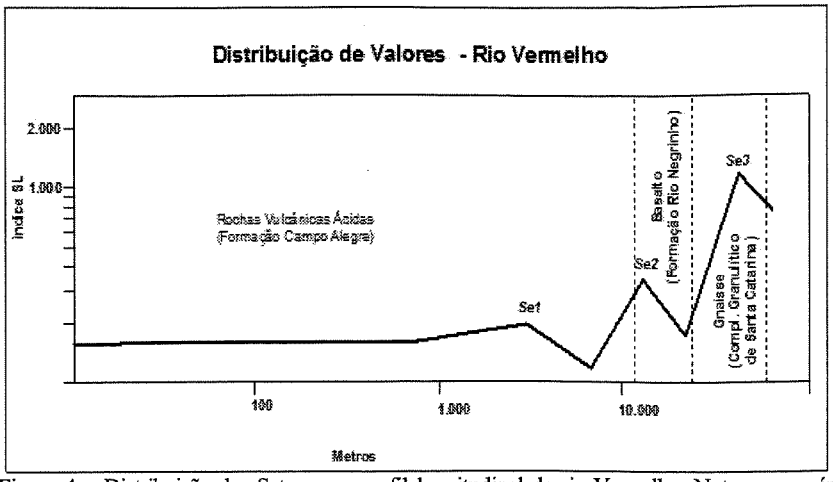


Figura 4 – Distribuição dos Setores no perfil longitudinal do rio Vermelho. Notam-se os índices SL com os maiores valores próximas às Escarpas da Serra do Mar (Se3). Porém, o perfil vem assumindo características inflexivas no sentido dos embasamentos efusivos (Se2 e 1).
Fonte: do autor.

No Rio da Bruaca (Figura 5), o Se1 localiza-se na Unidade Geomorfológica do Planalto de São Bento (Bacia do Paraná), formado por rochas sedimentares e que tem seu início a aproximadamente 1,4 km da foz, onde os valores variam de 60 a 275. O Se2 compreende as Escarpas da Serra do Mar no limite entre o Planalto de São Bento e o embasamento orto-metamórfico formado pelo Complexo Granulítico de Santa Catarina, que tem seu início a aproximadamente 20 km da nascente. Há que ressaltar o fator tectônico, caracterizado pelo reverso das escarpas da Serra do Mar presente nesse setor, cujo valor calculado corresponde a 1785 (Figura 6).

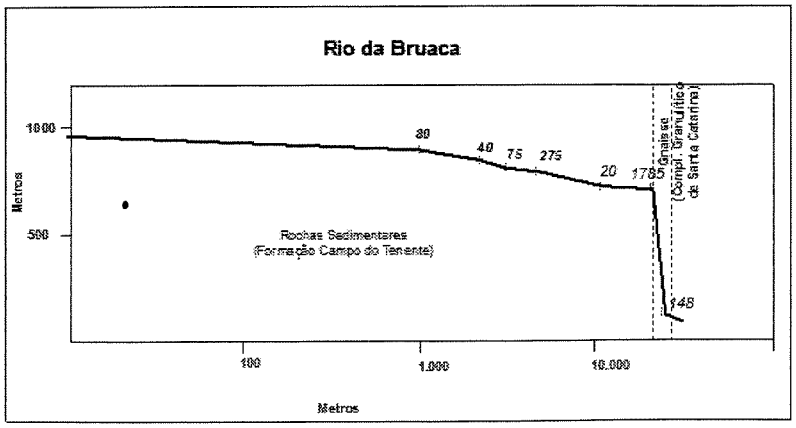


Figura 5 – Esquema representativo do perfil do rio da Bruaca com os valores de Hack nas principais inflexões. Notam-se as diferenças nos gradientes entre as sucessões litológias.
Fonte: do autor

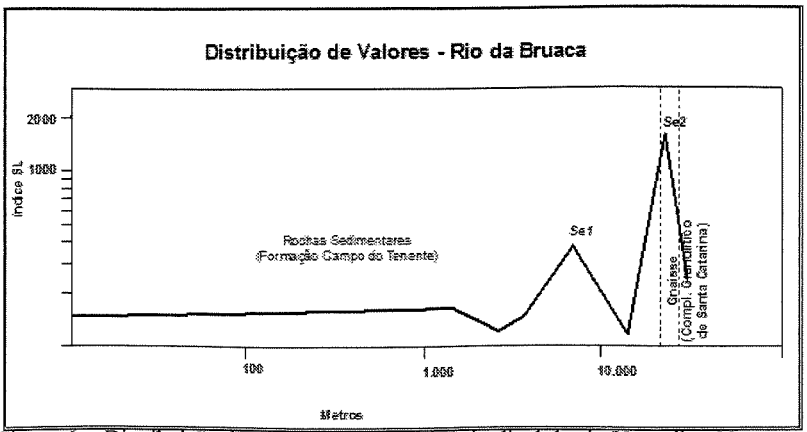


Figura 6 – Distribuição dos Setores no perfil longitudinal do rio Vermelho. Notam-se os índices SL com os maiores valores próximas às Escarpas da Serra do Mar (Se2). Assim como no rio Vermelho, também é observada característica inflexiva remontante, no sentido dos embasamentos sedimentares (Se1).
Fonte: do autor.

CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos pelo método de Hack foi possível identificar anomalias existentes nos dois principais afluentes que compõem o curso superior do Rio Itapocu. As alternações dos valores presumem que as mudanças na litologia têm importante função no aumento significativo do gradiente topográfico. Deste modo, os maiores valores são encontrados nas Escarpas da Serra do Mar, formadas por dobramentos remobilizados. Nota-se, portanto, que a atividade tectônica pretérita também desempenhou mudanças na atual conformação do perfil longitudinal. Os valores comprovam, como esperado, que os embasamentos do Patamar de Mafra, formado por rochas vulcânicas, e do Planalto de São Bento, formado por rochas sedimentares, estão em constante processo erosivo remontate. Contudo, pela forma convexa do perfil longitudinal e as características dos depósitos, pode-se classificar os rios, segundo a metodologia proposta por Hack (1976), como não-equilibrados. O índice de Hack mostrou-se uma ferramenta útil, principalmente na detecção de processos erosivos remontantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROOKFIELD, M. E.. The Evolution of the Great Rivers System of Southern Asia During the Cenozoic India – Asia Collision: Rivers Draining Southwards. Land Resourse Science : Guelph University, Ontario – Canada, 1997.

CARUSO JR. Estudos Ambientais Ltda. Estudo de impacto ambiental da atividade de mineração de areia e cascalho na bacia hidrográfica do Rio Itapocu - SC. Relatório de Impacto ao Meio Ambiente-RIMA: Florianópolis, ago/2001.

CITRONI, S. B.. Bacia de Campo Alegre: Aspectos Petrológicos, Estratigráficos e Caracterização geotectônica. Tese de doutoramento, USP: São Paulo, 1998.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral – Mapa Geológico de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.(Escala 1:250.000)

ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão – RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para Detecção de Deformações Neotectônicas: Revista do Instituto de Geociências – USP v. 4 n. 2, 2004.

FIGUEIREDO, M. C. H. de; BASEI, M. A S. MANTOVANI, M. S. M. e FRYER, B. J. O Complexo Granulítico de Santa Catarina: Um Arco Insular Arqueano? Boletim IG – USP, Publicação especial,. 9:35-40, 1991.

HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. American Journal of Science, v. 258 A, p. 80-97, 1960.

HACK, J. T. Stream-Profile Asalysis and Stream-Gradient Index. Journal Research U.S. Geology Survey. Vol. n. 4, 1973.

HARTMANN, L.A; SILVA L. C. e FILHO, O. Complexo Garanulítico de Santa Catarina. Descrições e implicações genéticas: Acta Geol. Leopold, 1979.

HOWARD A. D.; DIETRICH W. E. SEILD M. A. Modeling Erosion on Regional to Continental Scales. Journal of Geophysical Research, vol. 99, 1994.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Diretoria de Geociências. Folhas: Campo Alegre, São Bento do Sul, Jaraguá do Sul, Rio dos Cedros e Pomerode.Rio de Janeiro, 1981. (escala 1:50.000)

McKEOWN, F. A. et al. Analysis of stream-profile data and inferred tectonic activity, Eastern Ozark Mountains region. U. S. Geological Survey Bulletin, n. 1807, p. 1-39, 1988.

OLIVEIRA, F. A.. Aporte sedimentar em suspensão na baía da Babitonga sob a ótica da geomorfologia: Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado.. pág. 167-169, 2007.

ROSA, R. O.; HERRMANN, M. L. P. Geomorfologia. In: SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.

SGE – Serviço Geográfico do Exército. Folha São Miguel. Rio de Janeiro, 1968. (escala 1:50.000).

SIGA JÚNIOR, O. Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal. São Paulo: USP, Instituto de Geociências, 212p. 1995.

SILVA, L. C.; BORTOLUZZI, C.A. (Org.),. Texto explicativo para o mapa geológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: 11o Distrito do DNPM, Coordenadoria de Recursos Minerais da Secretaria da Ciência Tecnológica, Minas e Energia. 1987. Pág. 256.