

AVALIAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS DE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS VOLTADOS À ANÁLISE NEOTECTÔNICA

IDJARRURY GOMES FIRMINO

Universidade Estadual de Maringá | Brasil
id_gf@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE:

Variáveis visuais
Relação declividade-
extensão
Fator de assimetria da
bacia
Fator de simetria
topográfica transversal.

RESUMO:

O presente artigo faz uma avaliação dos modos de implantação e variáveis visuais mais adequados às representações cartográficas dos resultados obtidos por meio de índices morfométricos voltados à análise neotectônica. Os índices aqui trabalhados são os de RDE (Relação Declividade-Extensão), FAB (Fator de Assimetria da Bacia) e FSTT (Fator de Simetria Topográfica Transversal). Tais índices vêm sendo cada vez mais utilizados pela literatura brasileira em geomorfologia, e ainda não possuem um consenso a respeito dos modelos de representação cartográfica de seus resultados. Por meio da análise baseada pela semiologia gráfica proposta por Bertin (1973), concluiu-se que, para o índice RDE, o modo de implantação utilizado deve ser o linear e a variável visual "valor", e para os índices de FAB e FSTT, o modo de implantação deve ser o zonal e a variável visual "valor".

CARTOGRAPHIC MODELS EVALUATION OF MORPHOMETRIC INDEXES FOCUSED ON NEOTECTONIC ANALYSIS

ABSTRACT:

This article makes an evaluation of the most appropriate implantation modes and visual variables to the cartographic representations of the results obtained by the morphometric indexes focused on neotectonics analysis. The indexes worked here are the RDE (Slope-Extension Relation), FAB (Asymmetry Factor of the Basin) and FSTT (Topographic Transversal Symmetry Factor). These indexes have been increasingly used by Brazilian Literature, and still there is not a consensus about the cartographic representation models of their results. By the analysis based on the semiology graphic proposed by Bertin (1973), it could be concluded that for the RDE index, the implantation mode to be used must be linear and visual variable "value", and for the FAB and FSTT indexes, the implantation mode must be the zonal and the visual variable "value".

KEYWORDS:

Visual variables
Slope-extension relation
Asymmetry factor of the
basin
Topographic transversal
symmetry factor

EVALUACIÓN DE LOS MODELOS CARTOGRÁFICOS DE LOS ÍNDICES MORFOMÉTRICOS CENTRADOS EM EL ANÁLISIS NEOTECTÓNICA

PALABRAS CLAVE:

Variables visuales
Relación pendiente-
extensión
Factor de asimetría de la
cuenca

RESUMEN:

Este artículo hace una evaluación de los modos de implantación y variables visuales más apropiados a las representaciones cartográficas de los resultados obtenidos por los índices morfométricos centrados en el análisis de neotectónica. Los índices trabajados aquí son la RDE (Relación Pendiente-Extensión), FAB

Factor de simetria topográfico transverso

(Factor de Asimetría de la Cuenca) y FSTT (Factor de Simetría Topográfico Transverso). Estos índices se han utilizado cada vez más por la literatura brasileña en geomorfología, y todavía no tienen un consenso sobre los modelos de representación cartográfica de sus resultados. Mediante el análisis basado en la sintomatología gráfica propuesta por Bertin (1973), se concluyó que para los índices de RDE, el modo de implantación utilizado debe ser el linear y el Variable visual “valor”, y para los índices FAB y FSTT, el modo de implantación debe ser el zonal y el visual variable “valor”.

INTRODUÇÃO

Os estudos voltados aos processos neotectônicos no Brasil têm sido cada vez mais explorados pela geomorfologia, como forma de entender a gênese e evolução de formas de relevo que antes eram interpretadas apenas como formas relictuais de oscilações climáticas pretéritas em relação a resistência de suas litologias. Hoje, sabe-se que tais formas podem estar associadas a processos tectônicos ativos.

Apenas nos últimos anos tais estudos ganharam força, motivados por trabalhos como os de Hasui (1990) e Saadi (1993), atualmente a geomorfologia tectônica vem ganhando espaço no meio científico com o objetivo principal o estudo das formas de relevo na análise de controles e processos tectônicos (KELLER, ROCKWELL, 1984; KELLER; PINTER, 2002). Para o mesmo, a geomorfologia se utiliza de métodos de análises morfoestruturais (DVORAK, 1995; DOORNKAMP, 1986), mas como ferramenta principal, a aplicação de índices morfométricos.

Esta associação entre morfoestrutura e morfometria tem sido bem eficaz na avaliação de processos neotectônicos no Brasil (ETCHEBEHERE *et al*, 2004, 2005, 2011; MARTINEZ, 2004; SALAMUNI *et al*, 2004; GUEDES *et al*, 2006; GUEDES, 2008; FUJITA, 2009; FUJITA *et al*, 2011; MELO *et al*, 2010), sendo que os rios respondem de maneira rápida a quaisquer mudanças de estrutura da bacia, ocasionadas ou não por neotectônica, sempre buscando um novo perfil de equilíbrio quando este é rompido (PHILLIPS; SCHUMM, 1987).

Na literatura brasileira, os métodos mais utilizados pelos pesquisadores para este tipo de análise são aqueles voltados à ruptura de perfis de equilíbrio, como o índice RDE (Relação Declividade Extensão), e os índices indicativos de basculamento de bacias hidrográficas, como o FAB (Fator de Assimetria da Bacia) e o FSTT (Fator de Simetria Topográfica Transversal).

No que diz respeito à cartografia, é importante que exista um modelo de representação cartográfica para diferentes tipos de análises morfométricas, que seja consenso entre os pesquisadores, e que esteja de acordo com a linguagem pré-estabelecida pela semiologia gráfica proposta por Bertin (1973), como uma linguagem universal entre aqueles que estão interpretando tais dados. Modelos de representações distintos podem confundir os leitores (leigo ou não), e forçar a interpretações errôneas de tais dados, de modo que se perca a credibilidade do trabalho.

Baseado nisto, o objetivo do presente artigo é estabelecer as melhores formas de representações cartográficas para os já citados índices morfométricos, criando uma linguagem consensual e universal para estas representações baseadas nas variáveis visuais propostas por Bertin (1973, 1978), sendo que, na literatura brasileira, muito pouco se vê de

organização de representações cartográficas dos índices citados, onde cada pesquisador representa as informações do jeito que melhor lhe convém.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste artigo, foram resgatados e avaliados os diferentes tipos de representações cartográficas dos índices morfométricos RDE, FAB e FSTT de diferentes pesquisadores da literatura brasileira e estrangeira como modelos de interpretação.

Baseado nestes modelos, foi feita uma análise em associação aos trabalhos originais dos pesquisadores que desenvolveram tais métodos, como forma de entender o real objetivo da aplicação do índice e como o mesmo poderia ser representado cartograficamente.

Esta análise cartográfica foi feita em referência a teoria da Semiologia Gráfica proposta por Bertin (1973), onde foram avaliadas as melhores formas de representação de variáveis visuais (se de tamanho, valor, granulação, cor, orientação ou forma) e seus modos de implantação (se pontual, linear ou zonal) para cada tipo de representação baseada em seus resultados (Figura 1).

Os modelos representados cartograficamente ao longo do artigo são todos hipotéticos, sendo que não é objetivo do trabalho a aplicação real de tais índices.

Figura 1 – As variáveis visuais de Bertin.

AS VARIÁVEIS VISUAIS	MODOS DE IMPLANTAÇÃO			PROPRIEDADES PERCEPTIVAS			
	PONTUAL	LINEAR	ZONAL	Q	O	≠	≡
* DA IMAGEM AS DUAS DIMENSÕES DO PLANO				Q	O	≠	≡
TAMANHO				Q	O	≠	≠
VALOR				"c"	O	≠	≠
* DE SEPARAÇÃO					O	≠	≡
GRANULAÇÃO				"c"		≠	≡
COR						≠	≡
ORIENTAÇÃO						≠	≡
FORMA							≡

"c" as transições gráficas que resultam nesta área destroem o significado da imagem.

- ≠ DISSOCIATIVA
- ≡ ASSOCIATIVA
- * SELETIVA
- O ORDENADA
- Q QUANTITATIVA

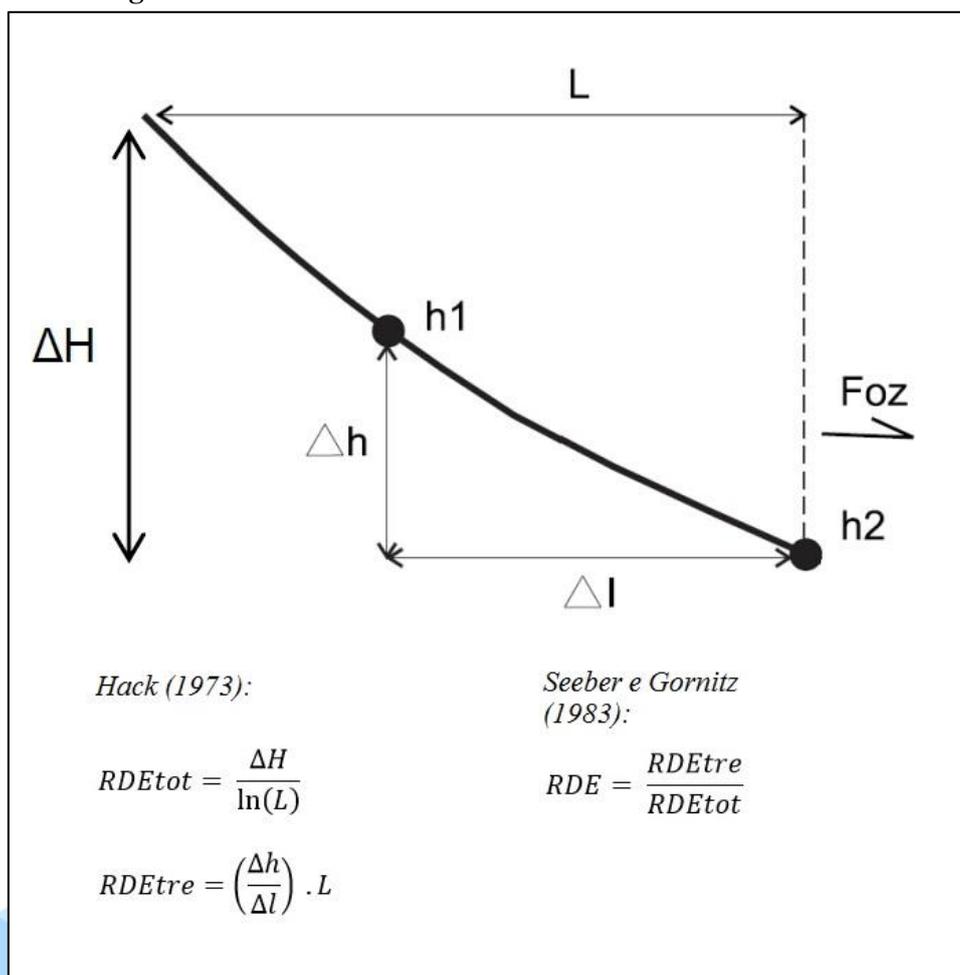
Fonte: Martinelli (1991).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Índice RDE

O primeiro índice a ser analisado é o índice RDE, assim denominado por Etchebehere *et al* (2004). Originalmente chamado de índice SL (*Slope-Length*) ou índice de gradiente (*Gradient-index*), o mesmo foi proposto por Hack (1973) como forma de identificar e avaliar anomalias de drenagem ao longo dos perfis longitudinais dos rios de uma região do nordeste estadunidense. Este índice poderia ser aplicado de duas formas: em todo o canal (*RDEtot*) ou por trecho (*RDEtre*), conforme o esboço da Figura 2. Para ambos os índices os resultados seriam lineares, representando trechos anômalos e não pontos anômalos, de forma que tais resultados são respostas diretas às mudanças de declividade do percurso (ΔH) e de sua concavidade natural ($\ln(L)$), interpretados por mudanças litológicas, litoestruturas ou processos tectônicos.

Figura 2 - Parâmetros utilizados no cálculo do índice RDE. L = comprimento da drenagem entre a cabeceira e o ponto final da drenagem, a foz no caso de *RDEtot*; ΔH = altura da drenagem; Δh = diferença altimétrica entre o segmento analisado; Δl = comprimento do segmento de drenagem.



Fonte: Modificado de Etchebehere *et al.* (2004).

É importante salientar que aqui ficou estabelecido o principal objetivo da aplicação do índice RDE: a identificação de um trecho anômalo.

Ao analisar os modelos de implantação visuais cartográficos representados por Bertin (1973), tem-se que, o melhor jeito de se representar um trecho fluvial é por meio de uma linha, da mesma forma que, o melhor jeito de se representar um trecho anômalo fluvial, também é por meio de uma linha.

Apesar da causa de tais anomalias estarem relacionadas a pontos de rupturas de declive (ou *knickpoints*), o índice (*RDEtre*) avalia a declividade do trecho fluvial ($\Delta h/\Delta l$) em relação a sua distância até a nascente ou um ponto qualquer a montante (L), e não o valor anômalo de tal ponto, sendo que, matematicamente, seria impossível um ponto apresentar uma anomalia, sendo que não possui uma distância Δh que possa ser aplicada a fórmula proposta por Hack (1973).

Acontece que, muitos autores se utilizam de “pontos” para representar cartograficamente seus resultados de índice RDE, onde os “pontos” se encontram na cota final da distância do percurso fluvial avaliada, porém, nem sempre estes “pontos” vão representar exatamente o *knickpoint* responsável pelos resultados anômalos ou as estruturas identificadas ao longo do percurso quando o mapa fluvial está conjugado com um mapa de geologia, por exemplo.

Outro modelo a ser discutido é o zonal, que também já foi utilizado por diversos autores (HACK, 1973; ETCHEBEHERE *et al*, 2004; CAMOLEZI *et al*, 2012; DORANTITIRITAN *et al*, 2014). Hack (1973) afirma que os resultados do índice *RDEtre* podem ser estudados de forma regional, plotando os valores obtidos de forma espaçada nos mapas e obtendo isolinhas de contorno para cada valor. Para uma análise regional, é uma forma de representação adequada, porém, pela teoria da semiologia gráfica de Bertin (1973), entra em discordância com o objetivo principal do índice, o de identificar trechos anômalos, e não áreas anômalas, o que, seria um modelo equivocado, já que, quando se dá valores a uma área (neste caso, representado por uma bacia hidrográfica), se está dando valores às vertentes desta área, o que não corresponde a nenhum percurso fluvial. O comportamento da declividade das vertentes está, muitas vezes, relacionado a fatores distintos das do comportamento de um canal fluvial, sendo que não possuem relações diretas.

Neste caso, os autores que optam por representar áreas com valores anômalos resultados do índice *RDEtre* ou *RDE* o fazem para generalizar as áreas onde foram identificadas tais anomalias ao longo do rio principal e de seus tributários, porém, entra em desacordo com o modelo de implantação visual proposto por Bertin (1973) para estes canais.

O índice de Hack foi proposto para percursos fluviais, apenas. Para se representar áreas anômalas, é mais adequado um mapa de declividade ou geomorfológico.

Sendo assim, se estabelece um consenso de que o melhor modelo de implantação visual para se representar cartograficamente os resultados do índice RDE é por meio de uma linha.

Assim estabelecido o modelo de implantação, entra em discussão o melhor tipo de variável visual a ser aplicada para este índice.

No que diz respeito ao trabalho original de Hack, o mesmo aplicou o índice em diferentes percursos fluviais e obteve resultados numéricos. As propriedades perceptivas para quem trabalha com números podem ser de quantidade ou de ordem (Figura 1). Neste caso, depende de como o pesquisador quer representar os valores de anomalias. Hack apenas obteve seus valores para cada trecho (*RDEtre*) e fez uma análise geral, os representando de

forma zonal, sendo que não aplicou nenhuma ordem de valor para as categorias de anomalia e nem lhes deu significados.

Por outro lado, Seeber e Gornitz (1983), ao aplicar o índice RDE (RDE_{tre}/RDE_{tot}) em rios do Himalaia, associou as classes de valores em limiares baseados nos resultados e estabeleceu uma ordem de categorias de anomalias, dando um significado para cada uma. Seeber e Gornitz (1983) classificaram os valores de RDE entre 2 e 10 como anomalias de 2ª ordem, e valores superiores a 10 como anomalias de 1ª ordem. Valores inferiores a 2 não eram considerados anômalos.

Ao analisar trabalhos brasileiros, vê-se que muitos pesquisadores se utilizam desse mesmo método aplicado por Seeber e Gornitz (1983) servindo como referência para explicar os valores obtidos, dando significado às categorias de anomalias, sendo que, conseqüentemente, a maioria dos pesquisadores brasileiros que trabalham com o índice RDE estabelece uma relação de ordem em seus resultados.

De acordo com Bertin (1973), existem três principais variáveis visuais de se representar ordem: “tamanho”, “valor” e “granulação”.

Ao analisar os trabalhos brasileiros, aqueles que fazem a análise quantitativa de RDE_{tre}/RDE_{tot} , normalmente estabelecem poucas categorias de anomalias para estes resultados, apesar de, muitas vezes, os resultados serem bem altos. Como exemplo, Andrades Filho (2010) estabeleceu 4 classes de anomalias para sua pesquisa em rios da Bacia Paraíba, outros autores estabelecem apenas 3, (modelo de Seeber e Gornitz (1983)), e em suas representações, utilizam a variável visual “cor”, sendo que cada cor distinta representa uma categoria de anomalia.

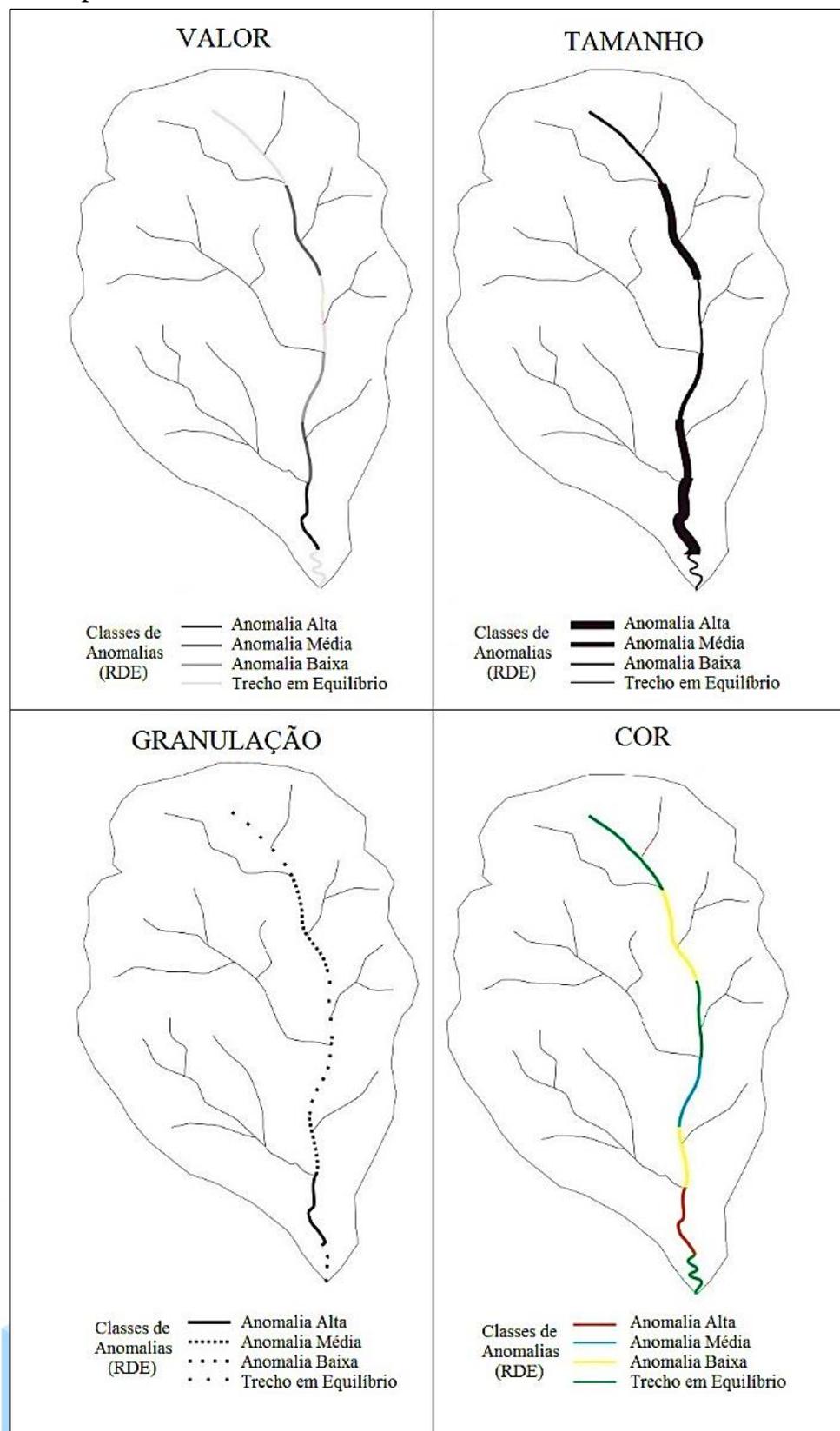
Talvez seja um modo adequado de representar a diversidade entre as categorias, mas é importante salientar que, as categorias seguem uma ordem, e para o mesmo, as cores não representam a propriedade de ordem.

Na Figura 3 estão expostas as três variáveis visuais adequadas para representar as ordens de anomalias e mais a variável “cor”. Percebe-se que, para a variável “valor”, foram utilizados tons de cinza indo para o preto, mas que não são classificadas como cor. Aqui, as cores são representadas em tons distintos, de verde, azul, vermelho e amarelo. Foram representadas 4 categorias de anomalias, descritos na legenda.

Ao analisar as representações, as cores não seguem uma ordem. A variável “tamanho”, de imediato, pode ser interpretada como representações de taxa de vazão ou de tamanhos do leito do rio. A variável “granulação” fica difícil de interpretar, e finalmente, a representação mais adequada se torna a de “valor”, por ser bem legível e estabelecer de forma adequada a ordem que se segue.

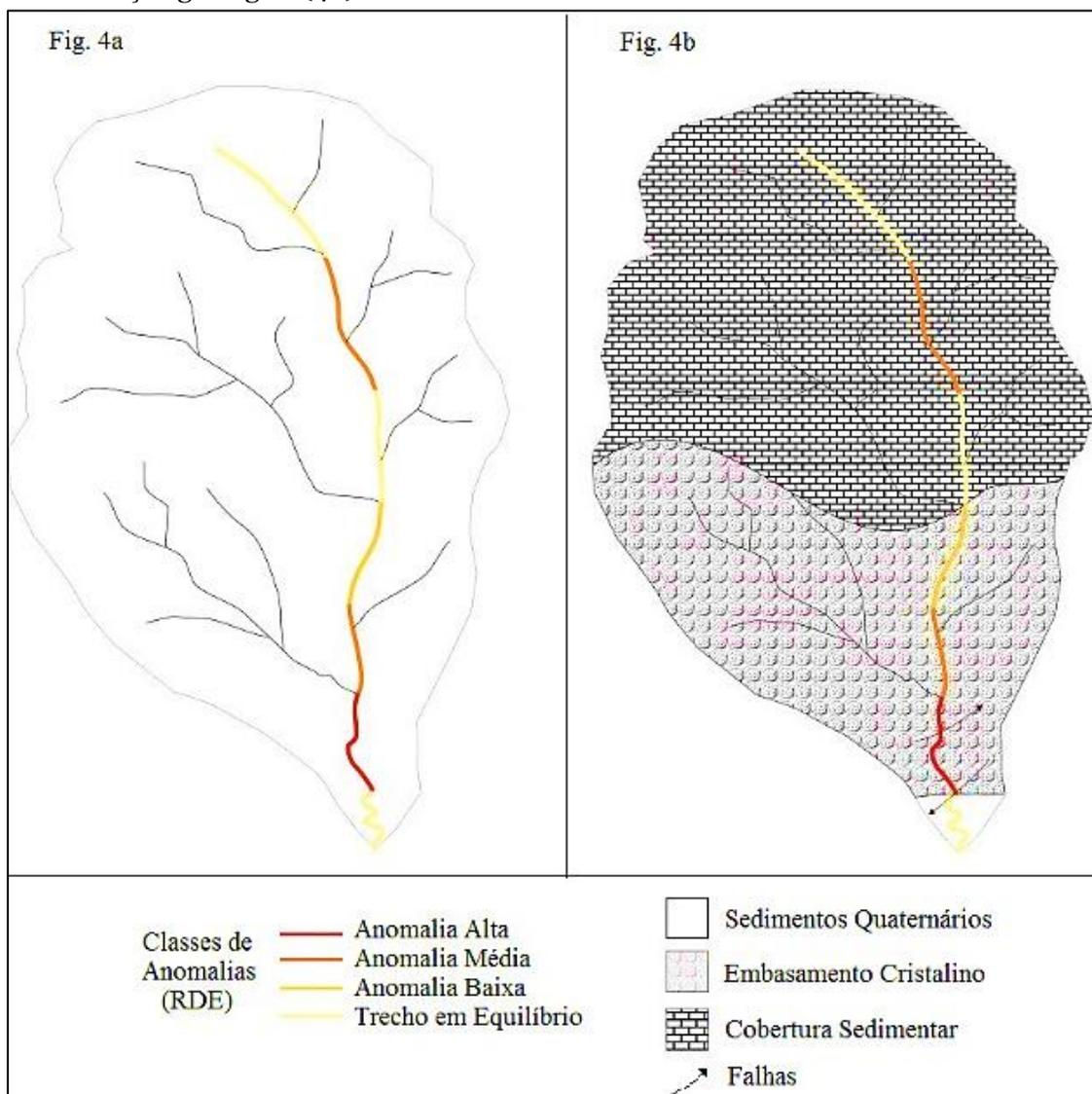
Esta mesma variável pode ser trabalhada com tonalidades de cores distintas em degrade. Levando-se em conta que, está se estabelecendo graus de anomalias, e que, quanto maiores estas são mais podem estar relacionadas a processos tectônicos, é viável pensar em cores quentes para se representar tais fenômenos.

Figura 3 – Representações cartográficas de classes de anomalias (RDE) baseadas nas variáveis visuais de “valor”, “tamanho”, “granulação” e “cor” de Bertin, aplicados para bacias hidrográficas hipotéticas.



As cores quentes variam do amarelo (menor valor) para o roxo (maior valor), mas, neste caso, como são poucos dados a serem trabalhados, pode-se pensar em variações do amarelo para o vermelho como maior valor. Os resultados obtidos estão presentes na Figura 4a.

Figura 4 – Representação cartográfica de classes de anomalias (RDE) baseada na variável visual de “valor” de Bertin (1973) em tons de cores quentes, sem informação geológica (4a) e com informação geológica (4b).



Quando se trabalha apenas com valores de *RDEtre*, se obtém uma maior quantidade de resultados (DORANTI-TIRITAN *et al*, 2014), e para esta representação, é mais adequada a variação do amarelo para o roxo, e estabelecer limiares maiores entre os valores.

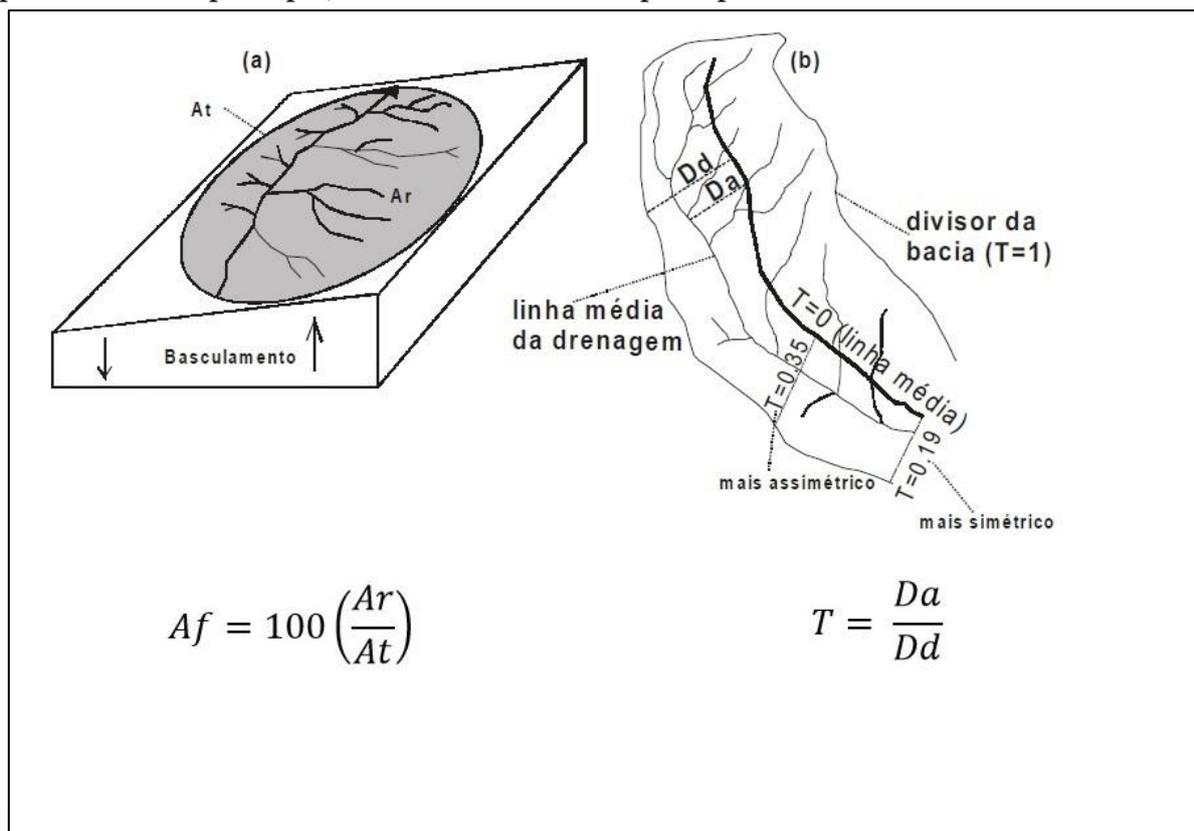
Por fim, é importante estabelecer também que, toda informação atrelada aos resultados do índice RDE possuem um significado, estes podem estar relacionados às mudanças litológicas e de camadas, descarga de afluentes, diques, soleiras e outras estruturas, zonas de falhas ativas ou inativas ou ação antrópica. A melhor forma de representar tais dados é por meio de carta geológica e hidrográfica. Conseqüentemente, ao se

aplicar o índice RDE em uma bacia ou área qualquer, na hora de representar cartograficamente, sempre deve estar presente a rede hidrográfica e um mapa de geologia como plano de fundo, para que o leitor, ao visualizar o mapa, possa associar os valores a tais significados. Quando não houver um significado aparente na carta geológica em conjugação com os valores de RDE, então pode ser que tal anomalia esteja atrelada à omissão de dados da carta ou processos neotectônicos ainda desconhecidos (Figura 4b).

Índices FAB e FSTT

Os Fatores de Assimetria da Bacia (FAB) e de Simetria Topográfica Transversal (FSTT) foram propostos respectivamente por Hare e Gardner (1985) e por Cox (1994). Tais índices são indicativos diretos de áreas sugestivas de basculamento tectônico (Figura 5) em escala de bacias de drenagem (KELLER; PINTER, 2002).

Figura 5 – Bloco esquemático do Fator de Assimetria da Bacia (A_f) e do Fator de Simetria Topográfica Transversal (T), com os devidos parâmetros utilizados. A_r = área da margem direita da bacia; A_t = área total da bacia; D_a = distância do eixo principal da bacia ao percurso fluvial principal; D_d = distância do eixo principal da bacia ao divisor da bacia.



Para este artigo, as representações cartográficas dos dois índices serão trabalhadas em conjunto, de forma que ambos representam os mesmos indícios com resultados semelhantes.

Na literatura brasileira, muito pouco se vê de representações cartográficas destes índices (SALAMUNI *et al*, 2004; ANDRADES FILHO, 2010; IBANEZ; RICCCOMINI, 2011), apesar de serem muito trabalhados. Muitos autores se utilizam de outras formas de

representações para os resultados obtidos por meio destes índices, como dados em estereogramas (ETCHEBEHERE, 2005) que até facilitam a visualização para pesquisadores da área, mas não para àqueles de outras áreas. Para este público, a forma mais adequada de representar tais resultados seria explanando cartograficamente a própria bacia onde os índices foram aplicados, e as formas de representações de variáveis visuais e modos de implementação teriam, então, que ser analisadas.

Ao analisar o trabalho de Cox (1994), o mesmo representou seus resultados obtidos em tributários do rio Mississippi de forma cartográfica e por meio de estereogramas, por isso, é cabível discutir as formas de representações cartográficas.

O resultado do FAB é um resultado generalizado para toda a bacia, onde se faz uma relação entre a área da margem direita da bacia (A_r) e da área total da bacia (A_t). Quando o valor obtido está próximo a 50, significa que não há indicativo de basculamento, porém, quando o valor é menor que 50, pode indicar basculamento para a margem esquerda da bacia, e quando é maior que 50, para a margem direita da bacia (HARE; GARDNER, 1985).

Simplificando, tanto o cálculo quanto os resultados obtidos pelo FAB são referentes a valores anômalos obtidos por relação de áreas da bacia, sendo assim, fica estabelecido que, o melhor modo de implantação para este índice é o zonal sendo o único passível de representar área.

Como existe apenas um resultado para toda a bacia, não existe nenhum tipo de variação de propriedade perceptiva. Porém, quando se trabalha com o FAB aplicado a mais de uma bacia, aí haverá mais de um resultado, e os mesmos podem ser diversificados.

Tanto o FAB quanto o FSTT têm por objetivo visualizar se existe basculamento na bacia, a direção preferencial deste e se o seu valor é alto ou baixo, e quando trabalhados com mais de uma bacia, conseqüentemente seus resultados estabelecem uma propriedade de diferenciação e ordem.

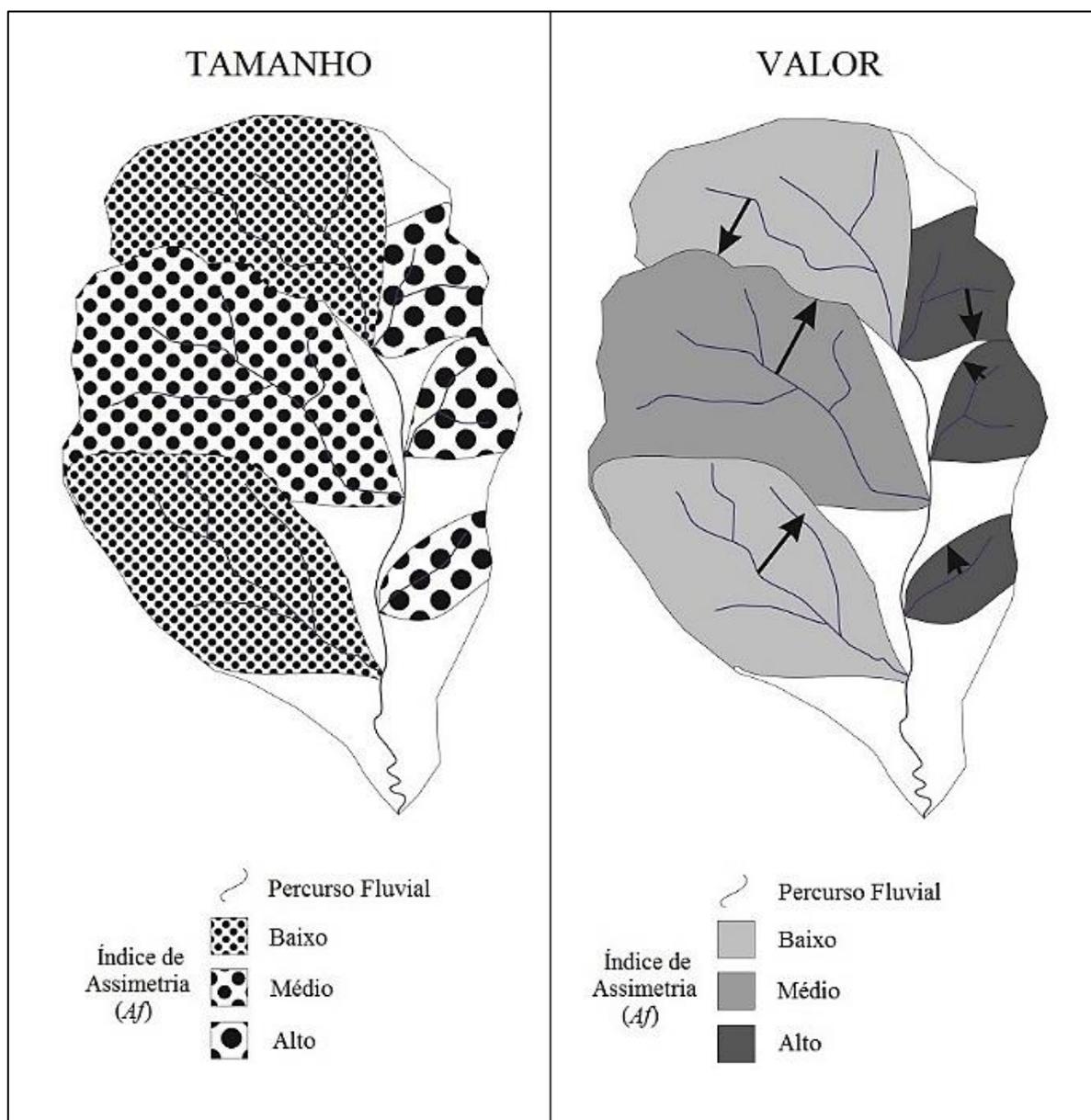
Para uma relação de diferenciação, as duas variáveis visuais adequadas são de “tamanho” e “valor”, e coincidentemente, também podem representar ordem (BERTIN, 1973). Tais variáveis teriam que ser representadas de forma zonal, sendo este o modo de implantação estabelecido para este tipo de análise.

Infelizmente, as variáveis de “tamanho” e “valor” não representam a direção do deslocamento da bacia. Neste caso, seria viável pensar na variável “orientação” (BERTIN, 1973), porém, representada de uma forma diferente.

Pensando nisso, muitos autores, ao representar tais resultados de forma cartográfica, se utilizaram de flechas indicativas (COX, 1994, ANDRADES FILHO, 2010, IBANEZ; RICCOMINI, 2011), para que o leitor possa visualizar a direção do basculamento da bacia, relacionado a direção do deslocamento preferencial do rio.

Em um exemplo hipotético onde o FAB foi aplicado a um conjunto de bacias, as duas variáveis foram representadas (Figura 6), e para representar a direção do basculamento da bacia, foram utilizadas as já citadas flechas de orientação. A variável “tamanho” foi representada por volume de pontos e a variável “valor” por tons de cinza indo do mais claro para o mais escuro, lembrando que, assim como foi aplicado para o índice RDE, esta variável também pode ser representada por tons de cores aleatórias em degrade.

Figura 6 – Representação cartográfica de Índices de Assimetria (A_f) baseadas nas variáveis visuais de “tamanho” e “valor” de Bertin



Ao analisar as representações, a variável “tamanho” ficou sobrecarregada de informação, além dos pontos representados não serem muito adequados à representação zonal, e também não foi possível a conjugação das flechas indicativas. Por outro lado, a variável “valor” denotou um sentido bem estabelecido de ordem e diferenciação para os valores do FAB e, neste caso, foi a variável mais adequada.

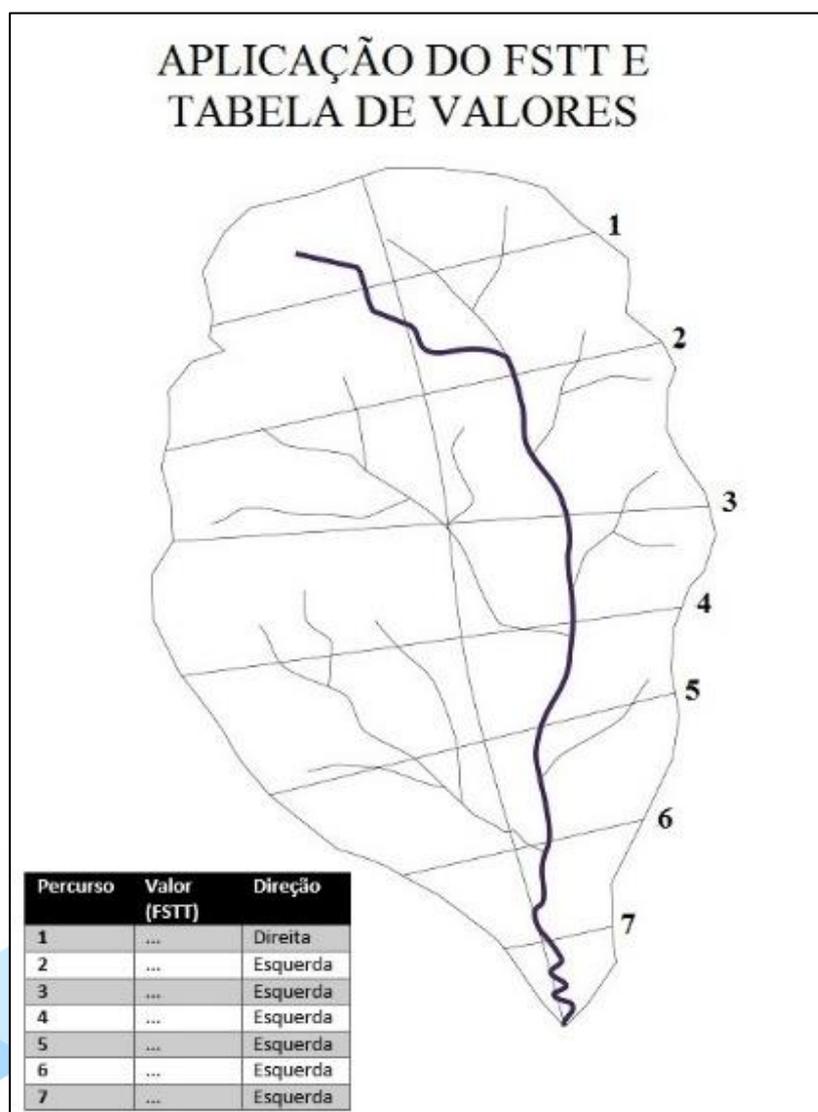
Fica assim estabelecido que a variável visual mais adequada para se representar cartograficamente os resultados obtidos pelo FAB é a de “valor” aplicado ao modo de implantação zonal, representado pela área da bacia e com flechas indicativas de orientação.

Diferente do FAB, o FSTT pode obter mais de um resultado para a mesma bacia hidrográfica, sendo que o mesmo é trabalhado por trechos equidistantes do percurso fluvial principal (COX, 1994). Os resultados são obtidos por meio da relação entre a distância do

eixo principal da bacia ao percurso fluvial principal (Da) e a distância deste mesmo eixo ao divisor da bacia (Dd) naquele mesmo alinhamento (Figura 5), onde os valores podem variar de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 0, mais simétrico, e quanto mais próximo de 1, menos simétrico, podendo indicar basculamento.

Para o FSTT, é interessante representar cartograficamente na própria bacia os percursos que estão sendo calculados, para que o leitor possa visualizá-los, assim como alguns autores já fizeram (CAMOLEZI *et al*, 2012; PETSCH; VARGAS, 2014). É importante também representar estes percursos de forma adequada quanto ao emprego do cálculo do FSTT, sendo que tais percursos devem sempre estar perpendiculares ao eixo central da bacia, e não ao rio, além de espaçados de forma equidistante, para que o cálculo seja mais exato. Ao lado do alinhamento dos percursos trabalhados, devem ser adicionadas numerações ordenadas para que depois estes dados possam ser visualizados e identificados por meio de tabelas (Figura 7).

Figura 7 – Representação cartográfica do método de aplicação do Índice FSTT, com os respectivos valores obtidos representados em tabela.



O FSTT também pode ser calculado de forma geral, somando e dividindo todos os valores obtidos para a dada bacia. E assim, o mesmo pode ser representado cartograficamente utilizando a mesma variável e o mesmo modo de implantação estabelecidos para o FAB.

Como plano de fundo, deve estar presente a rede hidrográfica (com rios de mais de 2 ordens) da bacia ou bacias que se está trabalhando, como modo de visualizar o deslocamento preferencial do rio principal e o tipo de rede de drenagem, sendo que, segundo Cox (1994), este método é melhor aplicado para redes de drenagem dendrítica, por causa da multidireção de seus canais, e menos apropriado para redes paralelas com canais unidirecionais, podendo os resultados do índice aplicado serem duvidosos.

CONCLUSÃO

Por meio das variáveis visuais de Bertin, ficou estabelecido que, a melhor forma de se representar os resultados do Índice RDE aplicado em 1 ou mais rios é por meio do modo de implantação linear, utilizando a variável visual "valor", representado por tons de cores quentes em degrade, sempre posicionados acima dos rios, indicando os percursos em que o índice foi aplicado e sempre sobrepostos às informações de um mapa geológico, para que o leitor possa identificar os motivos aparentes dos resultados.

De modo semelhante, a melhor forma de se representar os resultados dos Índices FAB e FSTT aplicados em 1 ou mais bacias é por meio do modo de implantação zonal, também utilizando a variável visual "valor", representado por tons de cores aleatórias em degrade, sobrepostos às informações da rede de drenagem e de flechas indicativas do deslocamento preferencial do rio principal da bacia.

Quando necessário, representar o modo de aplicação do FSTT com a indicação dos percursos analisados por meio de linhas equidistantes e com os respectivos valores elencados em tabela.

REFERÊNCIAS

ANDRADES FILHO, C. O. **Análise morfoestrutural da porção central da bacia do Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 177 pp. 2010.

BERTIN, J. **Semiologie Graphique: les diagrammes, les réseaux et les cartes**. 2. ed. Paris: Monton & Gauthier-Villars, 432p., 1973.

BERTIN, J. Theory of communication and theory of the graphic. **International Yearbook of Cartography**, Tamworth, n. 18, p.118-126, 1978.

CAMOLEZI, B. A.; FORTES, E.; MANIERI, D. D. Controle estrutural da rede de drenagem com base na correlação de dados morfométricos e morfoestruturais: o caso da bacia do ribeirão São Pedro – Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, p. 2012 – 211, 2012.

COX R.T. Analysis of drainage and basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 106:571-581, 1994.

DOORNKAMP, J. C. Geomorphological approaches to the study of neotectonics. *Journal of the Geological Society*, v. 143, p. 335-342, 1986.

DORANTI-TIRITAN, C.; HACKSPACHER, P. C.; SOUZA, D. H.; SIQUEIRA-RIBEIRO, M. C. The Use of the Stream Length-Gradient Index in Morphotectonic Analysis of Drainage Basins in Poços de Caldas Plateau, SE Brazil. *International Journal of Geosciences*, v. 5, 1383-1394, 2014. Published Online October 2014 in SciRes. <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2014.511112>.

DVORÁK, L. Application of Modern Geomorphological Methods in Theory and Practice: Case Study of the Bohemian Highlands (Czech Republic). *GeoJournal*, v. 35(4), p. 425-430, 1995.

ETCHEBEHERE, M. L. C. **Terraços neoquaternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista**: implicações estratigráficas e tectônicas. 2v. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2000.

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.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; CASADO, F. C. Análise morfoestrutural aplicada no vale do rio do peixe (SP): uma Contribuição ao estudo da neotectônica e da morfogênese do planalto Ocidental paulista. *Revista Geociências – UnG*, X (6): 45 – 62, dezembro de 2005.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; CASADO, F. C.; MORALES, N. Análise fluviomorfológica do rio Corumbataí (SP) - Implicações tectônicas vinculadas à migração de nickpoint. *Revista Geociências - UnG*, v. 10, p. 74-94, 2011.

FUJITA, R.H. **O perfil longitudinal do rio Ivaí e sua relação com a dinâmica de fluxos**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

FUJITA, R.H. *et al.* 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.610-616, 2011.

GUEDES I.C., SANTONI G.C., ETCHEBEHERE M.L.C., STEVAUX J.C., MORALES N., SAAD A.C. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Inácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. *Revista UnG - Geociências*, 5(1):75-102. 2006.

GUEDES I.C. **Aplicação de análise flúvio-morfométrica na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, SP, para detecção de deformações neotectônicas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Guarulhos, Guarulhos, 118 p. 2008.

HACK, J.T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. U.S. *Geological Survey Journal of Research*, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HARE, P. W.; GARDNER, I. W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: MORISAWA, M. e HACK, J. T. (eds.) **Tectonic Geomorphology**. Proceedings 15th. Annual Binghamton Geomorphology Simp., 1985.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro, 1, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, SBG-MG. Boletim 11, p.1-31, 1990.

IBANEZ, D. M.; RICCOMINI, C. O uso da assimetria de bacias para o estudo neotectônico na Amazônia Central. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 3467-3474. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQTRW/39UL3RE>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

KELLER, E.A.; ROCKWELL, T.K. Tectonic geomorphology, Quaternary chronology and paleoseismicity. In: J. E. Costa (ed.) **Developments and Applications of Geomorphology**, Springer-Verlag, New York, p.203-239, 1984.

KELLER, E.A.; PINTER, N. **Active tectonics: Earthquakes, uplift and landscape: Upper Saddle River, NJ**, Prentice Hall, 362 p., 2002.

MARTINELLI, M. **Curso de Cartografia Temática**. 1. ed. São Paulo: Editora Contexto, 180 p, 1991.

MARTINEZ, M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 96 p. 2004.

MELO O.A.G., DOUHY N., FRANÇA JR. P., SANTOS M.L. Verificação da influência da imposição litoestrutural sobre a drenagem da bacia hidrográfica do Rio Baiano/ Assis Chateaubriand-PR a partir da aplicação de variáveis morfométricas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 3:7-13. 2010.

PETSCH, C.; VARGAS, K. B. Parâmetros morfométricos como identificadores de deformações crustais no Rio Mourão-PR. **Revista Geonorte**, Manaus, AM, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.158 - 264, 2014.

PHILLIPS, L. F.; SCHUMM, S. A. Effect of regional slope on drainage networks. **Geology**, v. 15, p. 813-816, 1987.

SAADI, A. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, IGC/UFGM, Belo Horizonte. vol I, n 1, p.1-15, 1993.

SALAMUNI, E.; EBERT H. D.; HASUI Y. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 34 , p 469-478, 2004.

SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, v. 92, p. 335-367, 1983.

Recebido em: 04/05/2015

Aprovado para publicação em: 17/08/2015