

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES

PRODUTO 2.6. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

RF
RELATÓRIO FINAL

Porto Alegre
Fevereiro/2017

SUMÁRIO

PRODUTO 2.4. ANÁLISE MORFOMÉTRICA	1
1. REVISÃO TEÓRICA	1
2. METODOLOGIA	5
3. VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS.....	7
4. RESULTADOS.....	8
REFERÊNCIAS.....	12

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gabarito de espacialização das treze sub-bacias analisadas.....	8
Figura 2 - Espacialização das altimetrias e declividades da bacia hidrográfica do Taquari-Antas.	9
Figura 3 - Espacialização das variáveis morfométricas.	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados por índice morfométrico.....	9
--	---

PRODUTO 2.4. ANÁLISE MORFOMÉTRICA

1. REVISÃO TEÓRICA

Os estudos relacionados aos corpos fluviais por meio de parâmetros quantitativos permitem o esclarecimento de questões de gênese e dinâmica da paisagem, tendo em vista que a rede de drenagem assume papel de destaque na compartimentação do relevo. A morfometria geomorfológica permite a caracterização de uma região por meio de uma análise quantitativa do relevo, onde se observa a configuração espacial do conjunto de drenagens e vertentes. Com o avanço das plataformas de SIG as análises morfométricas, anteriormente elaboradas de forma manual, ganharam tempo e aplicabilidade em função da agilidade do processo e da precisão dos resultados obtidos.

Marchi et al. (2010) defendem que esforços maiores devem ser dedicados para identificar as características morfológicas específicas que afetam a suscetibilidade à eventos de inundação e movimentos de massa; sendo as variáveis morfométricas uma ferramenta poderosa na modelagem de sistemas fluviais. A identificação de padrões de escoamento associados à formas de relevo facilita a compreensão da gênese e da dinâmica destes eventos, consequentemente facilitando a identificação de áreas de alerta, possibilitando uma redução de danos humanos e materiais desencadeados por estes.

De acordo com Sausen & Narvaes (2013) a maioria dos órgãos e instituições envolvidas com desastres naturais, tem observado que o dano causado pelos eventos extremos muitas vezes poderia ser prevenido, reduzido ou minimizado, se a população em geral, os tomadores de decisão, os formadores de políticas e de opinião, bem como os educadores tivessem a correta noção do que são estes eventos.

Segundo Villela e Mattos (1975) conhecer as características físicas das bacias hidrográficas, como a área de drenagem, a forma da bacia, o sistema de drenagem e as características do relevo, são de grande utilidade, pois permite determinar a variação espacial dos elementos do regime hidrológico.

Christofolletti (1969) salienta que estudos envolvendo análise da rede hidrográfica podem levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos d'água constituem o processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem. Faz uma síntese geral dos variados aspectos de análise morfométrica, reunindo índices e parâmetros importantes para a realização de um estudo analítico das bacias hidrográficas.

Ainda de acordo com Christofolletti (1969) foi Robert E. Horton o pioneiro nos estudos relativos à interpretação quantitativa das bacias hidrográficas, dando partida a uma nova fase da morfometria através da proposição de inúmeros aspectos de abordagem analítica para os cursos d'água. A geomorfologia

fluvial estuda os processos e as formas relacionadas com o escoamento dos rios. Todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem (condições climáticas, cobertura vegetal, litologia...) repercutem, direta ou indiretamente nos rios.

De acordo com a corrente geomorfológica de noção geral dos sistemas, um sistema pode ser definido como o conjunto dos elementos, e das relações entre si e os seus atributos (Christofolletti, 1974). Inicialmente introduzida por Strahler (1950; 1952) e posteriormente aplicada vastamente por Hack e Chorley, entre outros.

A geomorfologia fluvial e o estudo das variáveis morfométricas do relevo, quando combinadas, pode-se dizer que existe um universo, onde se identificam os sistemas antecedentes e os subsequentes; entretanto através do mecanismo de retroalimentação os sistemas subsequentes voltam a exercer influência sobre os antecedentes, numa perfeita interação do universo. Neste caso exemplificado ao ponto que as formas das encostas e sua declividade, orientação e aspecto influenciam no modo como o escoamento superficial vai ocorrer em dado local. Enquanto que este excedente hídrico acaba também por moldar constantemente as características das encostas, modificando as características morfométricas do terreno ao longo do tempo.

A teoria geral dos sistemas defende que esta relação entre forma das encostas e eventos extremos ocorre em duas escalas diferentes, portanto, em dois tamanhos (Christofolletti, 1974), portanto em um espaço-fase bidimensional. A teoria sugere que exista uma correlação entre as variáveis, mesmo que em escalas distintas. Onde a dinâmica do rio acaba por alterar a dinâmica da bacia hidrográfica, e vice-versa. O valor obtido na correlação indica a força, enquanto que o sinal, positivo ou negativo, assinala a direção na qual ocorre o relacionamento.

Quando classificados os sistemas em geomorfologia esta relação apresenta-se como um sistema de retroalimentação, onde as características morfométricas do terreno desencadeiam determinada resposta no escoamento hídrico, que acaba por alterar as formas de declividade e vertente, novamente remodelando a morfometria do terreno.

O objetivo deste trabalho é identificar padrões morfométricos nas sub-bacias da bacia hidrográfica do Taquari-Antas como subsídio para a identificação de áreas suscetíveis a eventos de inundações e enxurradas e/ou movimentos de massa.

Entende-se que o desenvolvimento deste trabalho contribui significativamente no que tange ao planejamento e entendimento da ocorrência destes eventos visando à redução dos prejuízos causados

pelos mesmos e podendo servir de base para políticas públicas e trabalhos futuros, sendo importante também para a definição de prioridades e de tomadas de decisão em relação à prevenção destes desastres. Inicialmente, as seis cartas obtidas junto ao portal TOPODATA foram mosaicadas. Em seguida, foi realizada a conversão do sistema de projeção do mosaico de elevação da superfície do formato original (Projeção Geográfica, Latitudes e Longitudes, em graus decimais, datum WGS84) para o sistema utilizado atualmente no Brasil (Projeção UTM, em metros, datum SIRGAS 2000, Zona 22S).

Para a delimitação da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas foi adotado o procedimento automatizado disponível no ArcGIS 10.2. O processo de extração de drenagem utiliza como base a informação de direção de fluxo, derivada do mosaico SRTM. A partir da base de direções de fluxo é gerada uma imagem com as áreas de drenagem acumuladas, onde cada pixel tem um valor correspondente ao somatório das áreas superficiais de todos os pixels que deságuam nele (Paz e Collischonn, 2008; Jenson e Domingue, 1988). O plano de informações de áreas de drenagem acumuladas, juntamente das direções de fluxo, é utilizado na delimitação da bacia hidrográfica a partir de um ponto que representa a foz.

Após a delimitação da bacia hidrográfica, foram extraídas as seguintes variáveis morfométricas a partir dos dados SRTM: i) declividades; ii) curvaturas horizontal e vertical do terreno; iii) perfis topográficos em diversos vales e topos de morros. Em seguida, todas as camadas de informação foram recortadas pela área da bacia e compatibilizadas para formação de um banco de dados (BD) georreferenciados.

O mapeamento geomorfológico da bacia do rio Taquari-Antas foi realizado tendo como embasamento teórico o princípio da hierarquização taxonômica pressuposta por Ross (1992), cuja fundamentação está ligada aos estudos de Demek (1967) e Mescherikov (1968). A identificação das unidades de relevo foi feita por meio de um procedimento conjugado, no qual os limites entre os compartimentos são obtidos a partir de técnicas de interpretação visual e técnicas automatizadas para extração de feições. Foram realizadas duas atividades de campo, buscando auxiliar no refinamento do mapa final.

O primeiro táxon corresponde aos domínios morfoestruturais, que representam as grandes estruturas geológicas. Considerando o mapa geomorfológico de referência, foram identificados dois compartimentos morfoestruturais na bacia do Taquari-Antas: i) Bacias e Coberturas Sedimentares; ii) Depósitos Sedimentares. Para a delimitação destes compartimentos, primeiramente, foram extraídas estatísticas zonais de altimetria e declividade, visando a identificação de limiares para esboçar a separação dos domínios. Em seguida, os limiares foram aplicados às duas bases, através de uma ferramenta de cálculos aplicados a dados matriciais, resultando em uma divisão preliminar dos domínios.

A edição dos limites foi realizada por meio de interpretação visual, levando-se em consideração as linhas de drenagem da base cartográfica da DSG e as rupturas de declive.

O segundo táxon corresponde às unidades morfoesculturais ou grandes regiões geomorfológicas, que representam um conjunto de compartimentos semelhantes do relevo como resultado da ação climática ao longo do tempo geológico. No domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares foram identificadas três regiões geomorfológicas (2º táxon): i) Depressão Central Gaúcha; ii) Planalto das Missões; iii) Planalto das Araucárias. Já no domínio dos Depósitos Sedimentares foi identificada apenas a região geomorfológica referente à Planície Continental.

Considerando o mapa de referência, a divisão entre as regiões dos planaltos e da depressão está associada a um conjunto de linhas de ruptura de declive, identificadas visualmente por meio da base de declividades. Estas linhas foram realçadas por meio da aplicação do filtro de bordas Sobel. Em seguida, por meio de interpretação visual, foi realizada a vetorização dos limites entre as unidades morfoesculturais, unindo-se o conjunto de linhas de ruptura, conforme a orientação das curvas de nível da cartografia da DSG.

O terceiro táxon corresponde às Unidades Geomorfológicas (UGs), que representam um conjunto de formas semelhantes de acordo com seus tipos de modelados. Cada UG ilustra tipos de modelado, gênese, processos e formações superficiais diferenciadas umas das outras. Na bacia do Taquari-Antas foram identificadas seis UGs: i) Planície Alúvio Coluvionar; ii) Depressão do Rio Jacuí; iii) Planalto de Santo Ângelo; iv) Patamares da Serra Geral; v) Serra Geral; vi) Planalto dos Campos Gerais.

A UG Planície Alúvio Coluvionar se refere integralmente à região da Planície Continental. A UG Depressão do Rio Jacuí pertence à região da Depressão Central Gaúcha. A UG Planalto de Santo Ângelo se refere exclusivamente à região do Planalto das Missões. As UGs Serra Geral, Patamares da Serra Geral e Planalto dos Campos Gerais estão inseridas na região do Planalto das Araucárias.

A divisão entre as UGs referentes ao Planalto das Araucárias está fortemente associada à altimetria e à declividade. Os Patamares da Serra Geral constituem-se nas áreas mais baixas do Planalto das Araucárias, com predominância de declives menos acentuados, sendo facilmente separados da UG Serra Geral pela linha de ruptura de declive relacionada à escarpa erosiva. Já o Planalto dos Campos Gerais constituem-se nas áreas mais elevadas do Planalto das Araucárias, com predominância de topos de morros tabulares ou convexos, e declives menos acentuados. A divisão entre a Serra Geral e o Planalto dos Campos Gerais é demarcada pela ruptura de declive superior das vertentes. Assim como no segundo

táxon, a delimitação foi realizada por meio de interpretação visual, considerando as linhas de drenagem e a orientação das curvas de nível da cartografia da DSG.

Quanto ao quarto táxon, que se refere aos tipos de modelados e formas de relevo características de cada UG, foram identificadas três formas de relevo predominantes para os modelados de dissecação, duas formas de relevo predominantes para os modelados de acumulação e outras duas formas de relevo para os modelados de aplanamento. Os modelados de dissecação se referem ao tipo fluvial homogênea, com topos de morros: i) tabulares; ii) estreitos e alongados; iii) convexos. Já os modelados de acumulação se referem aos: i) terraços fluviais; ii) colúvios e áreas de enxurradas. Por fim, os modelados de aplanamento são: i) superfícies de aplanamento retocadas inumadas; ii) superfícies de aplanamento degradadas desnudadas.

A delimitação dos tipos de modelados e formas de relevo semelhantes foi realizada exclusivamente por interpretação visual, onde se buscou identificar padrões contextuais relacionados à curvatura horizontal e vertical do relevo, e à declividade.

Quanto às feições lineares do relevo, foram identificados os seguintes itens: i) escarpas erosivas; ii) morros testemunhos. As linhas de escarpas erosivas e ressaltos são linhas de corte no relevo, representadas por um desnível mais abrupto. Estas linhas foram realçadas pela aplicação do filtro Sobel na base de declividades e, em seguida, editadas por meio de interpretação visual. Os morros testemunhos foram detectados automaticamente na forma de um ponto posicionado no topo de cada morro. O critério para a detecção dos pontos de morros testemunhos foi o seguinte: quando o topo de morro (tabular ou convexo) apresentar altitudes < 400 m, estiver completamente circundado por áreas de declividades > 20% e, estas, circundadas por áreas mais planas relacionadas às planícies e depressões.

2. METODOLOGIA

Através da extensão do software ArcGis, aplicativo ArcMap, barra de ferramentas Hydrology foram feitos processamentos de preenchimento da superfície raster (fill) para remoção de pequenas imperfeições, direções de fluxo (flow direction) e fluxo acumulado (flow accumulation) considerando o mosaico de imagens SRTM para o Rio Grande do Sul.

As direções de fluxo utilizaram o método proposto por Jenson & Domingues (1988), que utiliza a lógica da maior declividade, dando uma direção de fluxo para cada pixel do modelo (janela 3x3). Posteriormente, foi gerada uma grade com áreas acumuladas de drenagem, onde cada pixel recebe um valor correspondente à soma das áreas dos pixels que deságuam nele.

Para a delimitação da rede de drenagem vários valores de mínimo celular de contribuição de fluxo para a definição de uma célula de drenagem. A operação Condicional, com "value < 123", seleciona apenas os pixels que apresentam fluxo acumulado compatível a 10km² de área drenada. Este limiar foi determinado em função do grid de da escala de resolução das imagens SRTM (90m) visando um resultado das drenagens mais próximo possível do real. Já para a geração automática das bacias foi utilizado, na operação condicional, o limiar de 100.000 gerando 13 sub-bacias com pelo menos um rio de quarta ordem. A finalização ocorre através do comando Watershed permite a delimitação da bacia, seguido do comando Raster to Features para a transformação em polígono.

A hidrografia mapeada e a drenagem numérica, bem como o limite da bacia foram representadas no formato vetorial, e utilizadas para a determinação de diversos parâmetros. A análise morfométrica da bacia inicia-se pela ordenação dos canais fluviais, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. A partir de então se processam os aspectos lineares, areais e hipsométricos (Christofolletti, 1981).

Grandezas que variam continuamente no espaço podem ser representadas graficamente através de um Modelo Numérico de Terreno (MNT). Araújo et al. (2009) apontam que as novas tecnologias e produtos orbitais, como por exemplo as imagens de Radar SRTM, possibilitam um levantamento mais rápido e detalhado de bacias hidrográficas.

Christofolletti (1980) trabalha com a ideia de que "as técnicas estatísticas possuem importância em muitos estágios da pesquisa, fornecendo as bases para a amostragem, a fim de analisarem a significância dos dados e estabelecer as correlações. É sintomático, também, que a análise e a experimentação dos estudos geomorfológicos se façam aplicando princípios e conceitos admitidos em outras ciências, fazendo com que ela se integre definitivamente no movimento científico interdisciplinar da nossa época".

Os modelos digitais de elevação são malhas de pontos georreferenciados onde cada pixel apresenta a informação altimétrica de onde ele está localizado, ou seja, além das coordenadas X e Y tradicionais associadas à localização geográfica do ponto, apresenta uma variável Z correspondente ao dado de elevação. Valeriano (2008) aponta que toda a aquisição do SRTM foi planejada para oferecer suporte a mapeamentos em escalas entre 1:100.000 e 1:250.000.

A análise morfométrica de bacias é definida pelo IBGE (2009) como o conjunto de procedimentos metodológicos que buscam a investigação e a compreensão dos componentes naturais de uma bacia hidrográfica. Os estudos relacionados aos corpos fluviais através de parâmetros quantitativos levam ao

esclarecimento de questões de gênese e dinâmica da paisagem, tendo em vista que a rede de drenagem assume papel de destaque na compartimentação do relevo.

A geomorfologia fluvial engloba o estudo destes corpos d'água e das bacias hidrográficas. A caracterização morfométrica destas consiste na descrição de fatores topográficos e geomorfológicos na geração de escoamentos e na determinação de coeficientes definidores de forma, drenagem, declividade da bacia, entre outros.

3. VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS

Relação de Bifurcação: proposto por Horton (1945), é a relação entre o número total de canais de certa ordem e o número total de canais de ordem imediatamente superior, de acordo com a equação:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u-1}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Índice de Circularidade: proposto por Miller (1953) e citado por Strahler (1958) - apresenta a relação entre a área total da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro. O valor máximo encontrado é 1,0, quando o perímetro da bacia corresponder ao perímetro do círculo. A equação utilizada é apresentada a seguir:

$$C = \frac{A}{Ac} \quad (\text{Eq. 2})$$

Fator de Forma: este índice apresenta a relação entre a área da bacia e o quadrado de seu comprimento axial. Mede-se o comprimento axial da bacia (L) quando se segue o curso d'água mais longo desde a foz até a cabeceira mais distante, de acordo com a equação a seguir:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Densidade Hidrográfica: definida por Horton (1945) com a denominação de frequência de rios. É a relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica.

$$D_h = \frac{N}{A} \quad (\text{Eq. 4})$$

Densidade de Drenagem: definida por Horton (1945) como o índice que relaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica, sendo eles intermitentes ou perenes. A finalidade deste índice é de comparar o comprimento dos canais drenados em uma área padrão, por exemplo o km.

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (\text{Eq. 5})$$

Razão de relevo: a razão de relevo (Rr) foi inicialmente apresentada por Schumm (1956), considerando o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima (Hm) de uma bacia e a maior extensão da referida bacia (L), paralelamente à linha principal de drenagem.

$$Rr = \frac{Hm}{Lh} \quad (\text{Eq. 6})$$

Declividade Média: para o cálculo da declividade média é feito um somatório de número de ocorrências de pixels em cada classe de declividade. Na sequência é calculada a declividade média dos pixels para cada classe. A terceira etapa consiste em multiplicar o número de pixels de cada classe pela média deles, obtendo-se assim o valor médio da declividade de todos os pixels. Para a fusão de todas as classes e obtenção do parâmetro em relação a toda bacia hidrográfica é feita uma divisão da somatória das médias e dividido pela somatória dos pixels existentes, conforme a equação apresentada a seguir:

$$Dm = \frac{\sum \text{Média da Declividade}}{\sum \text{Média de Ocorrências}} \quad (\text{Eq. 7})$$

4. RESULTADOS

Os resultados estão apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Figura 2 de acordo com a apresentação da subdivisão da Figura 1, onde cada bacia está etiquetada com o respectivo número de referência para análise.

Figura 1 - Gabarito de espacialização das treze sub-bacias analisadas.

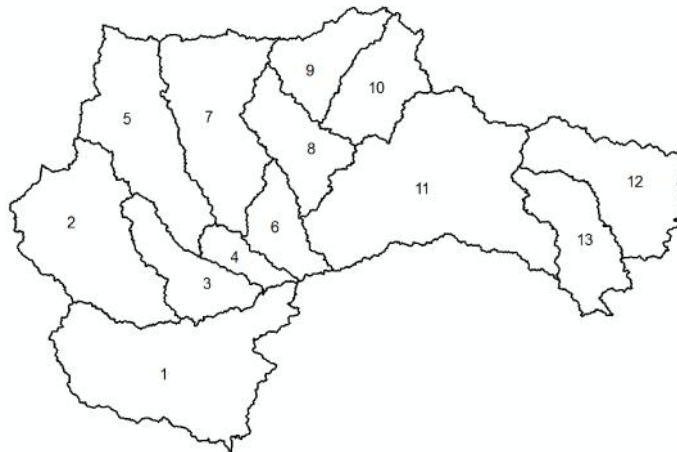


Figura 2 - Espacialização das altimetrias e declividades da bacia hidrográfica do Taquari-Antas.

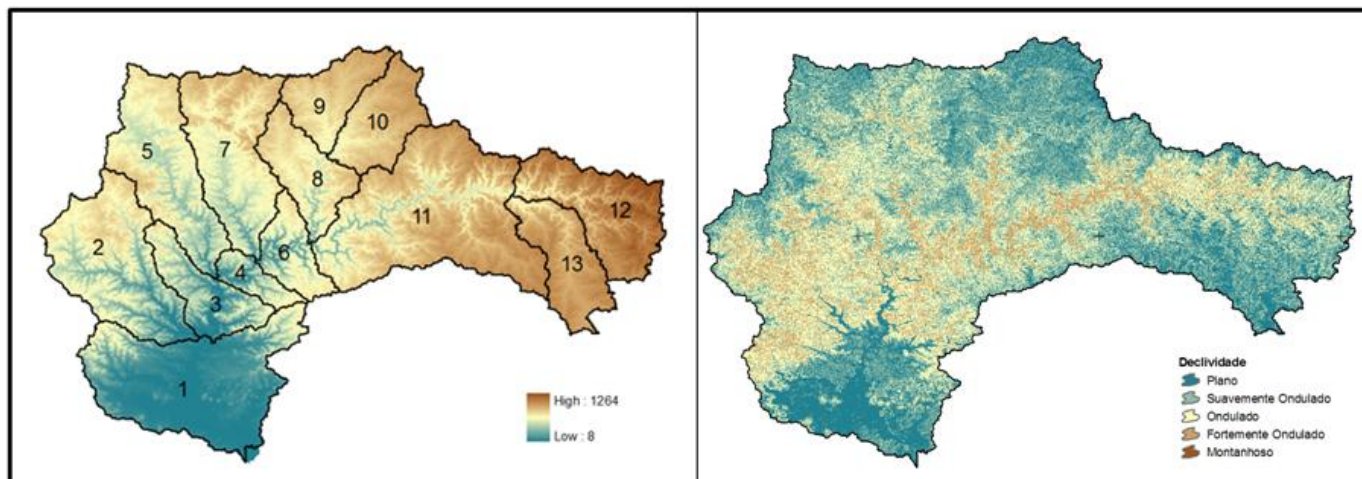


Tabela 1 - Resultados por índice morfométrico.

Sub-Bacia	Área (km ²)	Perímetro(km)	Amplitude Altimétrica (m)	Extensão Total(km)	Comprimento Axial (km)
1	3.825	400,4	724	3.083	83,38
2	2.829	312,9	792	2.106	48,14
3	1.198	215,5	745	868	41,26
4	489	129,1	688	359	18,28
5	2.477	319,4	774	1.872	52,58
6	874	173,9	696	627	24,24
7	2.556	309,1	914	1.932	47,47
8	1.292	224,4	739	950	32,34
9	1.136	194,1	551	877	52,00
10	1.331	208,7	559	1.027	35,53
11	4.775	434,0	916	3.523	96,31
12	2.045	280,1	729	1.234	41,69
13	1.442	251,0	524	1.114	27,00

Sub-Bacia	Rb	Ic	Kf	Dh	Dd	Rr	Dm
1	3,77	0,299	0,55	0,384	806	8,6	6,12
2	4,09	0,361	1,22	0,348	744	16,4	12,25
3	3,55	0,324	0,70	0,342	724	18,0	12,79
4	3,67	0,369	1,46	0,324	733	37,63	12,87
5	5,37	0,305	0,89	0,355	755	14,72	9,49
6	3,51	0,363	1,48	0,320	717	28,71	12,30
7	4,08	0,336	1,13	0,353	755	19,25	8,87
8	3,96	0,322	1,23	0,355	735	22,85	8,99
9	3,41	0,379	0,42	0,353	772	10,59	4,58
10	4,42	0,384	1,05	0,367	771	15,73	4,62
11	4,28	0,318	0,51	0,351	737	9,51	9,26
12	4,83	0,327	1,17	0,326	603	17,48	8,79

Sub-Bacia	Rb	Ic	Kf	Dh	Dd	Rr	Dm
13	4,68	0,287	1,97	0,371	773	19,40	5,77

Obs: Rb - relação de bifurcação; Ic - índice de circularidade; Kf - fator de forma; Dh - densidade hidrográfica; Dd - densidade de drenagem; Rr - razão de relevo; Dm - declividade média.

Grandes variações dos valores de relação de bifurcação sugerem se tratar de bacias não equilibradas. Quanto maior a Rb média maior é o grau de ramificação da rede de drenagem de uma bacia e, portanto, maior a tendência para picos de cheia. Para cada uma das bacias foi obtido o índice de bifurcação entre cada uma das ordens da hierarquia fluvial, e logo calculada a média destes valores.

O índice de circularidade tem a finalidade de comparar a forma da bacia em relação à de um círculo, considerado como a expansão areal melhor relacionada com o escoamento fluvial (Christofolletti, 1970). Em princípio podemos considerar que quanto maior for o referido índice, a concentração das águas carregadas pelos afluentes será mais rápida, e as cheias têm a possibilidade de serem mais brutais e diferenciadas. Salienta-se que bacias com forma circular, apresentam maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal.

Uma bacia com fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que em uma bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão.

A finalidade da densidade hidrográfica é comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão, por exemplo, o km².

A densidade de drenagem é o índice de onde é possível conhecer o potencial da bacia em relação ao seu escoamento superficial, o que leva ao conhecimento da intensidade dos processos erosivos de esculturação dos canais.

A razão de relevo, podendo também ser considerada a média da declividade do rio principal, o valor esperado para bacias com suscetibilidade aos eventos de inundação e enxurrada deve apontar valores positivos.

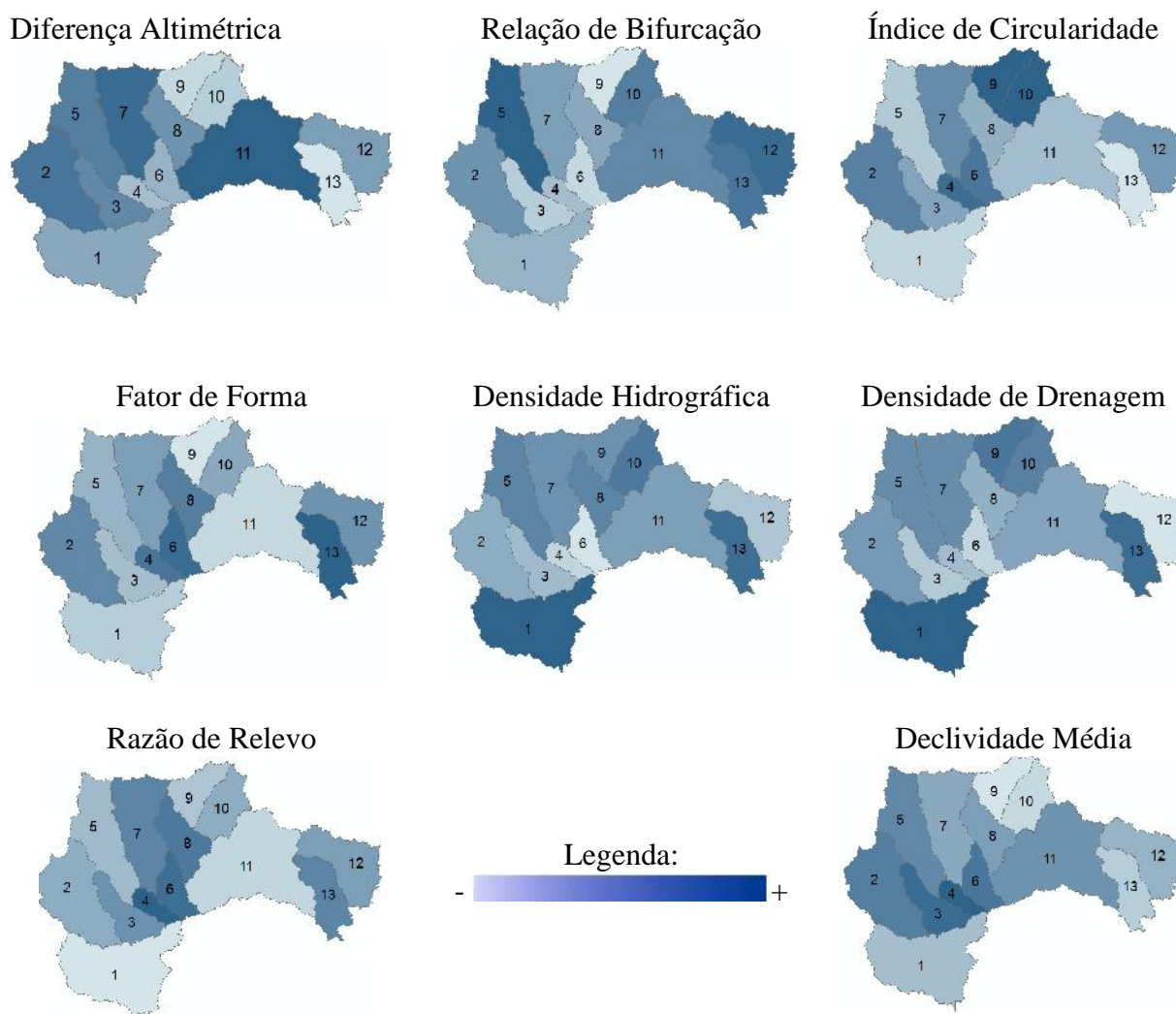
Machado (2010) descreve a declividade média como o parâmetro morfométrico mais importante no diagnóstico físico e na gestão dos recursos hídricos. A partir da declividade média da bacia é possível avaliar a suscetibilidade promovida pelo escoamento hídrico superficial. Machado (2010) descreve a declividade média como o parâmetro morfométrico mais importante no diagnóstico físico e na gestão dos recursos hídricos. A partir da declividade média da bacia é possível avaliar a suscetibilidade

promovida pelo escoamento hídrico superficial. Abaixo estão espacializados os diferentes índices na Figura 3.

Na tentativa de identificar diferentes tendências de escoamento em função das diferentes morfometrias inseridas dentro da heterogênea bacia esta metodologia de subclassificação permite visualizar onde cada uma das variáveis ganha ou perde importância no que tange a localização geográfica na bacia, permitindo assim um aprofundamento na tentativa de identificar limiares e fatores que interferem na geração de eventos extremos como inundações e movimentos de massa na bacia como um todo.

Compreender as diferenças e heterogeneidades das sub-bacias componentes da Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas mostra-se de fundamental importância para a continuidade dos estudos no que tange suscetibilidade e risco nestas áreas.

Figura 3 - Espacialização das variáveis morfométricas.



REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E.P.De; TELES, M.G.L.; LAGO, W.J. S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25 – 30 abril 2009, Anais... INPE, v. 1, p. 4631 – 4638. 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas**. 375pg. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1970.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas**. Notícia Geomorfológica, v. 9, n.18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos processos de planejamento**. In: GUERRA & CUNHA (Orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 1ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil. p. 415-440. 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. v1. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geological Society of America Bulletin, v.56, n.3, p. 275-370, 1945.

IBGE - Manual técnico de Geomorfologia / IBGE, Coordenação de Recursos naturais e Estudos Ambientais. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

JENSON, S.K.; & DOMINGUE, J.O. **Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 54, n. 11, p. 1593-1600, 1988.

MACHADO P. J. O. (Org.) **Diagnóstico físico-ambiental da bacia hidrográfica do córrego São Pedro: um exercício acadêmico de gestão dos recursos hídricos**. Ubá: Ed.Geographica, consultoria, estudos e projetos ambientais Ltda. 2010.

MARCHI, L.; BORGA, M.; PRECISO, E.; GAUME, E. Characterization of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management. Journal of Hydrology 394. Pg 118-133. 2010.

MILLER, J.P. **High mountain streams; effects of geology of channel characteristics and bed material: Memoir - New Mexico**. Buereau of Mines and Mineral Resources, 53p. 1958.

SAUSEN, T. M. & Narvaes, I.S. Desastres naturais e geotecnologias: inundação - Caderno didático nº7. INPE, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. São José dos Campos, 2013.

SCHUMM, S.A. **Disparity between present rates of denudation and orogeny**, US Geological Survey Professional Paper 454, 13. 1963.

SSCHUMM, S.A. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy.** Geological Society of America Bulletin, n. 67, p. 597- 646, 1956.

STRAHLER, A.N. **Geologia Física.** Barcelona: Omega, 1992.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography.** Geological Society of America BULLETIN, v. 63, p. 1117-1142, 1952.

VALERIANO, M. M. **Dados topográficos.** In: Teresa G. Florenzano. (Org.). Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais. Cap. 3, p. 72-104. 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

VILLELA, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.