

# ESTUDO DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ COM BASE EM PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS - OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

## CLASSIFICATION OF LANDFORMS UNITS SUPPORTED BY MORPHOMETRIC ATTRIBUTES OF HYDROGRAPHIC BASIN IBICUÍ RIVER – WEST OF RIO GRANDE DO SUL

Anderson Augusto Volpato Scoti<sup>1</sup>, Luis Eduardo de Souza Robaina<sup>1</sup>, Romario Trentin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil

Correspondência para: Anderson Augusto Volpato Scoti (ascoti@yahoo.com.br)

doi: 10.12957/geouerj.2016.15110

Recebido em: 13 fev. 2015 | Aceito em: 2 mai. 2016



### RESUMO

Este trabalho utiliza técnicas de geoprocessamento e análise digital para determinar as unidades morfológicas que ocorrem na Bacia Hidrográfica do rio Ibicuí (BHRI), principal curso d'água do oeste do Rio Grande do Sul (RS), com área de 46.602,58 km<sup>2</sup>. A análise morfométrica foi realizada a partir de um modelo digital de elevação, construído através de uma base vetorial na escala 1:50.000 e de imagens de radar (SRTM – Shuttle Radar Topography Mission). Para classificar e caracterizar as diferentes unidades foram analisados os dados sobre hipsometria e atributos das encostas como declividade, amplitude, perfil e plano de curvatura. As unidades foram divididas em: *áreas planas; colinas suaves; morrotes isolados; colinas; lineamento de morros e morrotes e colinas de altitude.*

**Palavras-chave:** Unidades morfológicas; Geomorfometria; Bacia do Rio Ibicuí

### ABSTRACT

*This paper uses GIS techniques and digital analysis to determine the landforms that occur in the Hydrographic Basin of the river Ibicuí (BHRI), major watercourse of the west of Rio Grande do Sul (RS), with an area of 46602.58 km<sup>2</sup>. The morphometric analysis was performed from a digital elevation model built using vectors on the scale 1:50000 and radar images (SRTM – Shuttle Radar Topography Mission). Classification and characterization of different units was conducted from data on hypsometric and slope, amplitude, profile and plan curvature. The units were divided into: flat areas; gentle hills; isolated buttes; hills; lineament of the buttes and hillocks and altitude hills.*

**Keywords:** Landforms Units; Geomorphometry, Ibicuí River Basin

### INTRODUÇÃO

A presente pesquisa apresenta um estudo morfológico utilizando como recorte espacial o limite natural da bacia hidrográfica do rio Ibicuí. Conforme Botelho (1999), a bacia hidrográfica, é delimitada considerando-se critérios geomorfológicos, levando vantagem, portanto, sobre as demais unidades de planejamento definidas por outros atributos.

Estudos em bacias hidrográficas estão associados à noção de sistema, compreendendo as nascentes, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz, onde toda ocorrência de eventos, de origem

antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema. Ou seja, entende-se que as bacias hidrográficas são tratadas como unidades geográficas onde os recursos naturais se integram.

O relevo resulta da interação dos materiais que compõem a superfície do Planeta e dos processos da hidrosfera e atmosfera, com trocas de matéria e energia, que ao longo do tempo desenvolvem diferentes feições e formas.

As formas do relevo são definidas pelo arranjo espacial de superfícies homogêneas que correspondem a unidades básicas de descrição do relevo. As classificações de relevo utilizam ora a declividade ou o gradiente topográfico, ora a amplitude (Demeck, 1972) ou, ainda, a conjugação dos destes parâmetros (IPT, 1981).

Conforme Florenzano (2008), o objeto de estudo da geomorfologia compõe-se de diversas variáveis, sendo a morfologia, a morfogênese, a morfodinâmica e a morfocronologia, algumas destas variáveis. Segundo a referida autora, a morfologia encarrega-se da morfografia, que é a descrição qualitativa das formas do relevo, e a morfometria, que é a caracterização do relevo por meio de variáveis morfométricas, também denominadas índices morfométricos.

Para a caracterização morfológica da bacia hidrográfica são utilizados parâmetros morfométricos como altimetria, inclinações e formas das vertentes, seguindo proposta de Hammond (1954) e mais recentemente, (Argento, 1994; Botelho, 1999; Xavier da Silva, 2005; Silveira, 2010) com o aperfeiçoamento das técnicas operacionais de geoprocessamento e SIGs, utilizadas para o desenvolvimento de zoneamentos. Também são utilizados, atributos como declividade, plano e perfil de curvatura para caracterizar unidades morfológicas básicas, que auxiliam no desenvolvimento de mapeamentos geomorfológicos e pedológicos (DIKAU (1989) e MOORE et al. (1991).

Este trabalho, utilizando técnicas de geoprocessamento, associada a análise digital do relevo, tem como objetivo determinar as unidades morfológicas que ocorrem na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí

(BHRI), principal curso d'água do oeste do Rio Grande do Sul (RS), com área de 46.602,58 km<sup>2</sup> (Figura 01).

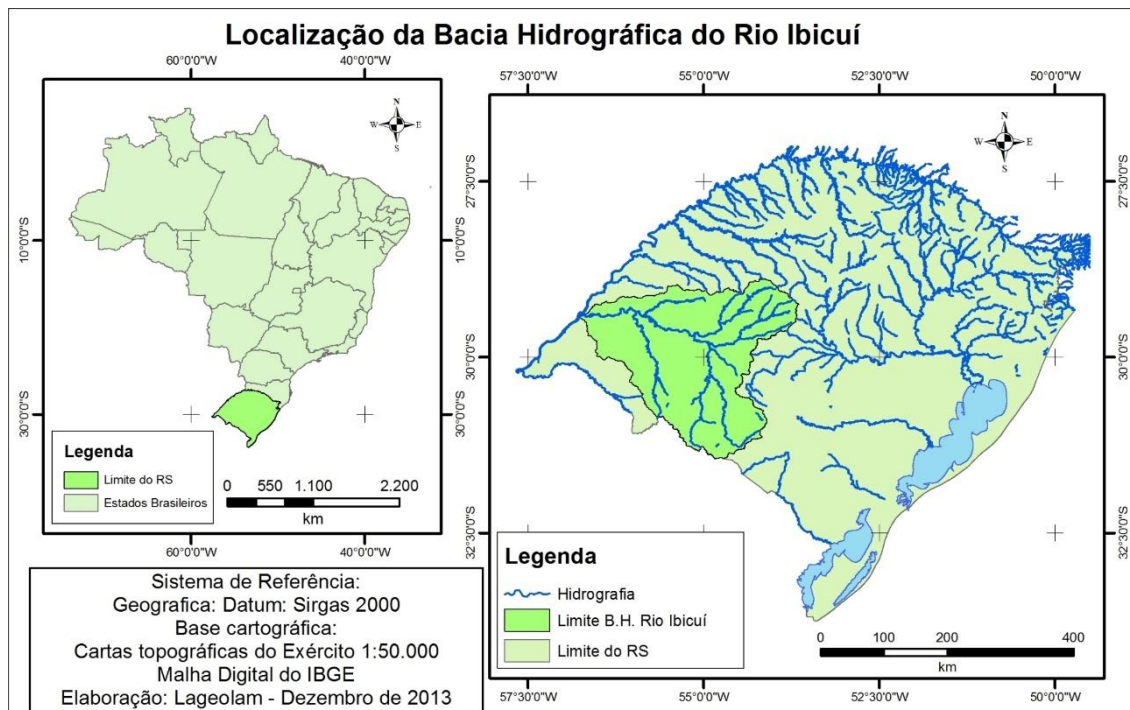


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí

## METODOLOGIA

Os trabalhos iniciam com a revisão bibliográfica e compilação de materiais cartográficos existentes. As informações referentes a hipsometria e as características das encostas, como declividade, amplitude e comprimento, além da rede de drenagem, foram obtidas através de uma base vetorial na escala 1:50.000 organizada por Weber e Hazenack (2010). Para análise morfométrica, foi utilizado um Modelo Digital de Elevação, construído através de imagens de radar (SRTM – Shuttle Radar Topography Mission).

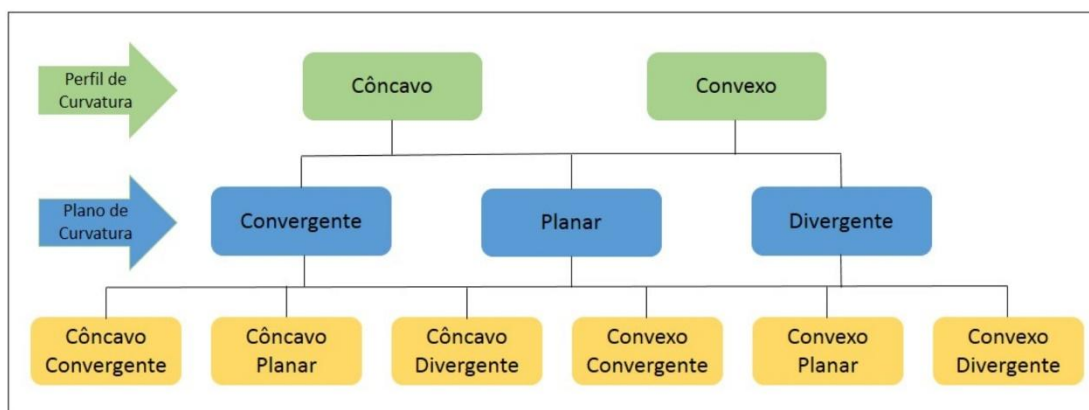
Os trabalhos de campo, etapa essencial do mapeamento, foram realizados através de perfis seguindo estradas e caminhos que cortam a área de estudo utilizando o apoio de receptor GPS (Garmim 62Sx).

As classes hipsométricas definidas para representação das diferentes altitudes foram: <100m; 100-200m; 200-300m; 300-400m; >400m. Quanto as classes de declividade, foram usados como limites: <2%; 5%; e 15%, conforme propostas metodologias de compartimentação do relevo, definidas pelo IPT (1981). O limite de 2% representa áreas planas, que quando associadas a rede hidrográfica, os principais processos geomorfológicos estão ligados a inundação e deposição; o limite de 5% marca o início dos processos erosivos e; 15% que representa um limite onde movimentos de massa podem se constituir como processos em encosta e, além disso, impedem a mecanização da agricultura.

Para a definição dos parâmetros de perfil e plano das encostas construiu-se um modelo morfométricos, baseado na proposta de Silveira (2010) e Robaina e Trentin (2014). Essa classificação é baseada em um cruzamento de índices topográficos gerados através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), hierarquizados através de uma árvore de decisão (Figura 02) baseada em valores pré-definidos, com base em conhecimentos das duas variáveis de interesse (perfil de curvatura e plano de curvatura).

A curvatura do perfil e plano das encostas, em ambiente SIG, é analisado de acordo com seu valor da curvatura representados pelo histograma de frequência (VALERIANO, 2003). Ambos foram obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) por meio do emprego do polinômio de Zevembergen e Thorne (1987). Neste trabalho foram definidas as curvaturas do perfil sendo: côncavas e convexas e as curvaturas do plano sendo: convergentes, divergentes e planas.

A combinação da curvatura do perfil e do plano das encostas estabelece padrões, conforme Hugget (1975), que indicam as direções dos fluxos da água. A figura 02 apresenta o fluxograma utilizado na classificação.



**Figura 2.** Combinação utilizada para a definição do perfil e plano de curvatura das vertentes.

Para determinação das unidades morfológicas foi utilizado a classificação adaptada do IPT 1981 (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo) (tabela 01). A principal base na elaboração do mapa temático (Figura 08), foram informações obtidas através de dados morfométricos de hipsometria e declividade; trabalhos de campo; imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth. As informações referentes a plano e perfil de encosta, foram utilizadas na descrição textual das classes morfométricas.

AMPLITUDE ALTIMÉTRICA	DECLIVIDADE	UNIDADE DE RELEVO
<100 metros	<2%	Áreas Planas
	2 - 5%	Colinas Suavemente Onduladas
	5 - 15%	Colinas Fortemente Onduladas
	>15%	Morrotes
>100 metros	>15%	Morros

As unidades utilizadas nessa classificação foram: Morrotes Isolados como sendo formas em que a amplitude altimétrica é inferior a 100 metros e a declividade das encostas são superiores a 15%; Morros e Morrotes, caracterizados como porções de rebordo de planalto; Colinas Levemente Onduladas sendo áreas onde a declividade fica em torno de 2 – 5%, amplitude altimétrica entre 40 e 60 metros, caracterizando amplos interflúvios; Colinas Fortemente Onduladas caracterizadas com uma declividade

5 – 15% com interflúvios curtos; Áreas Planas são áreas pouco declivosas ( $<2\%$ ) próximas a drenagens; e por fim as Escarpas caracterizadas como uma linha onde a declividade bem acentuada (muito superior a 15%).

O SIG (Sistemas de Informações Geográficas) utilizado na interpolação de informações foi o ArcGis 10, desenvolvido pela ESRI.

## RESULTADOS

Os estudos hipsométricos e de atributos das encostas como declividade, amplitude, perfil e plano de curvatura permitiram classificar e caracterizar as diferentes unidades morfológicas presentes na BHRI.

### Análise hipsométrica

As altitudes (Figura 3), variam do topo do Planalto das Missões (Robaina et al. 2010) onde ocorrem altitudes de até 546 m até a cota altimétrica de 50 metros, junto à foz com o rio Uruguai, resultando em uma amplitude altimétrica de 496m (tabela 2).

A cota de 200m define a transição para um patamar superior de dissecação representado pelos relevos do Planalto da Serra Geral a NE da bacia, a SW por uma elevação alongada conhecida como Serra do Caverá na porção centro-sul da bacia e, além disso, a base dos patamares do Escudo Sul-riograndense, a SE da bacia (Robaina et al. 2010).

As maiores altitudes, encontram-se acima de 400m, ocorrem, predominantemente, no extremo NE da bacia, associado ao Planalto da Serra Geral, que corresponde a 5,25% da bacia.

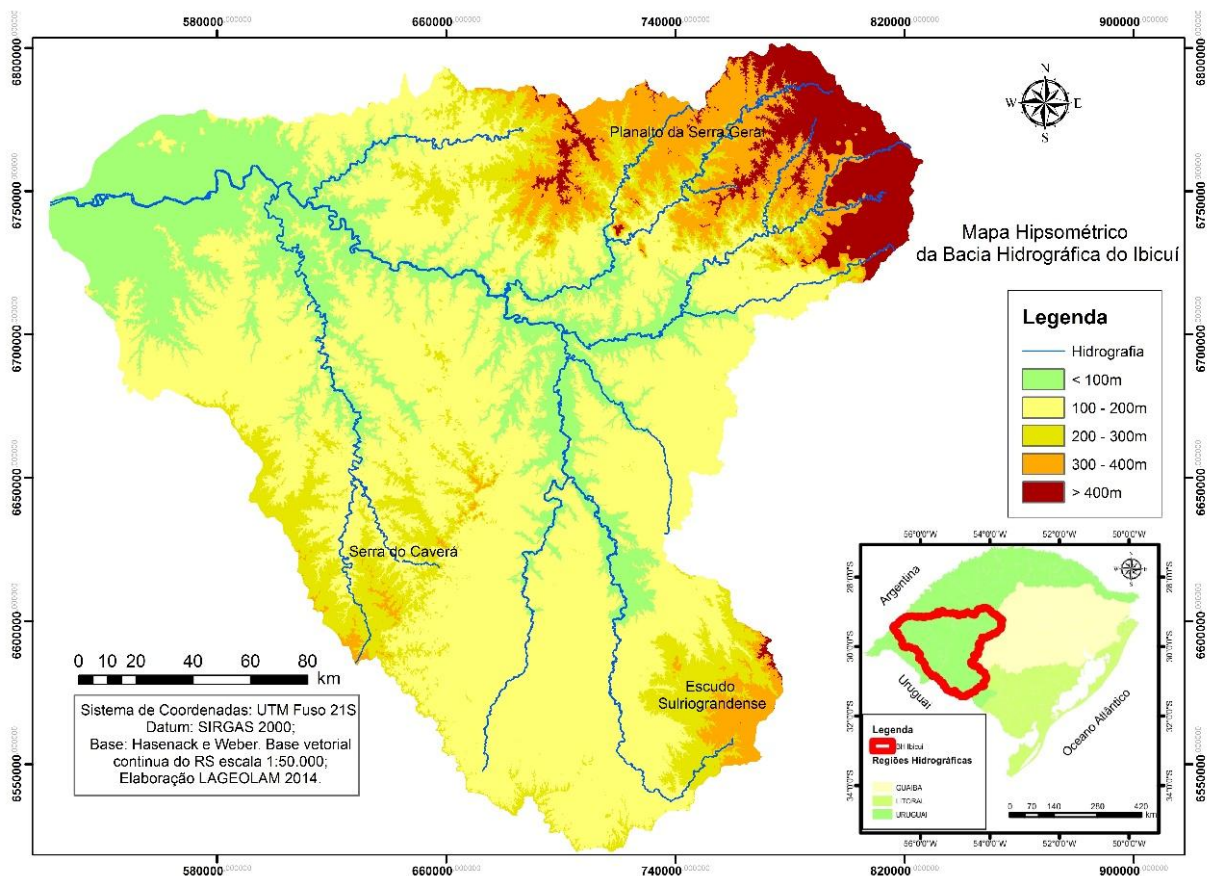


Figura 3. Mapa hipsométrico da BHRI, é possível observar que as maiores altitudes localizam-se a Nordeste e Sudeste da bacia.

De maneira geral podemos observar que as altitudes predominantes na BHRI, encontra-se no intervalo de 100 a 200 metros, ocupando mais da metade da área, (tabela 2).

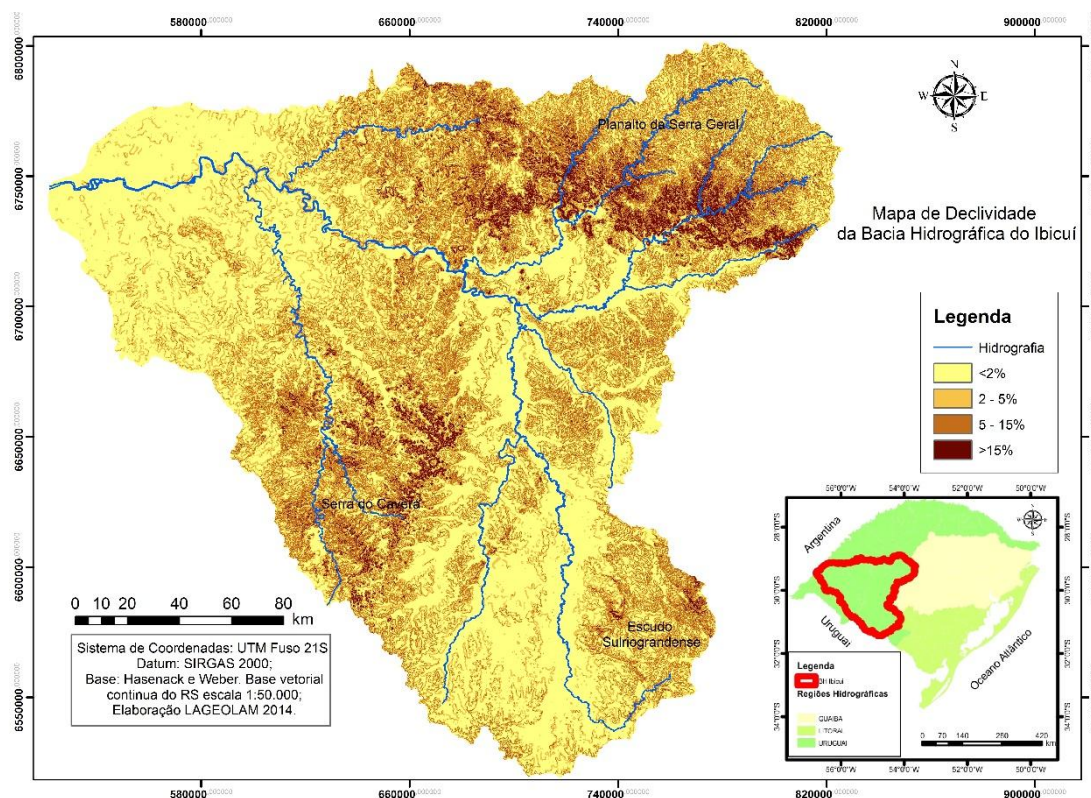
Classe	Área em km <sup>2</sup>	%
<100m	9.383,24	19,72
100-200m	25.970,38	54,60
200-300m	5.564,92	11,70
300-400m	4.149,43	8,72
>400m	2.497,05	5,25

Tabela 2. Dados quantitativos referentes a hipsometria da BHRI

## Declividade das Encostas



A declividade das encostas é um fator condicionante de grande importância no desenvolvimento dos processos morfogenéticos. A distribuição das declividades, na bacia, pode ser visto no mapa da figura 04 e, na tabela 3 que apresenta os percentuais de cada limite determinado.



**Figura 4.** Mapa de declividade da BHRI, é possível observar que as maiores declividades encontram-se no rebordo do Planalto da Serra Geral e na porção centro-oeste, na Serra do Caverá.

Classe	Área em km <sup>2</sup>	%
<2%	23.720,16	49,87
2-5%	11.048,15	23,23
5-15%	10.778,92	22,66
>15%	2.017,79	4,24

**Tabela 3.** Dados quantitativos referentes a declividade.

As declividades superiores a 15% são pouco representativas na BHRI, ocupando 4,24% da área total. Essas declividades marcam importantes rupturas do relevo, onde inicia o Rebordo do Planalto e formam os divisores de águas no centro-sul da bacia. O intervalo de declividade menor que 2%,



abrange quase a metade da área de estudo (49,87%). Observa-se que a área de estudo apresenta predominância de declividades baixas a médias, o que caracteriza um relevo pouco movimentado.

### Determinação da forma das encostas

As encostas podem ser definidas de forma simplificadas como um elemento da superfície terrestre inclinado em relação à horizontal, que apresenta um gradiente e uma orientação no espaço (VELOSO, 2002), e dessa forma podem ser classificadas de acordo com a sua declividade, curvatura do plano ou do perfil.

O plano de curvatura da vertente corresponde a variação do gradiente de arqueamento na direção ortogonal da vertente (curvatura da superfície perpendicular à direção da inclinação) e refere-se ao caráter divergente/convergente do terreno, enquanto, o perfil de curvatura é a taxa de variação do gradiente de arqueamento na direção de sua orientação (a curvatura da superfície no sentido do declive) e está relacionada ao caráter convexo/côncavo do terreno sendo decisiva na aceleração ou desaceleração do fluxo da água sobre o mesmo.

Na BHRI o cruzamento da curvatura das encostas do perfil e plano resultou em seis padrões (Figura 5).

		Plano de Curvatura		
		Convergente	Plano	Divergente
Perfil de Curvatura	Côncavo			
	Convexo			

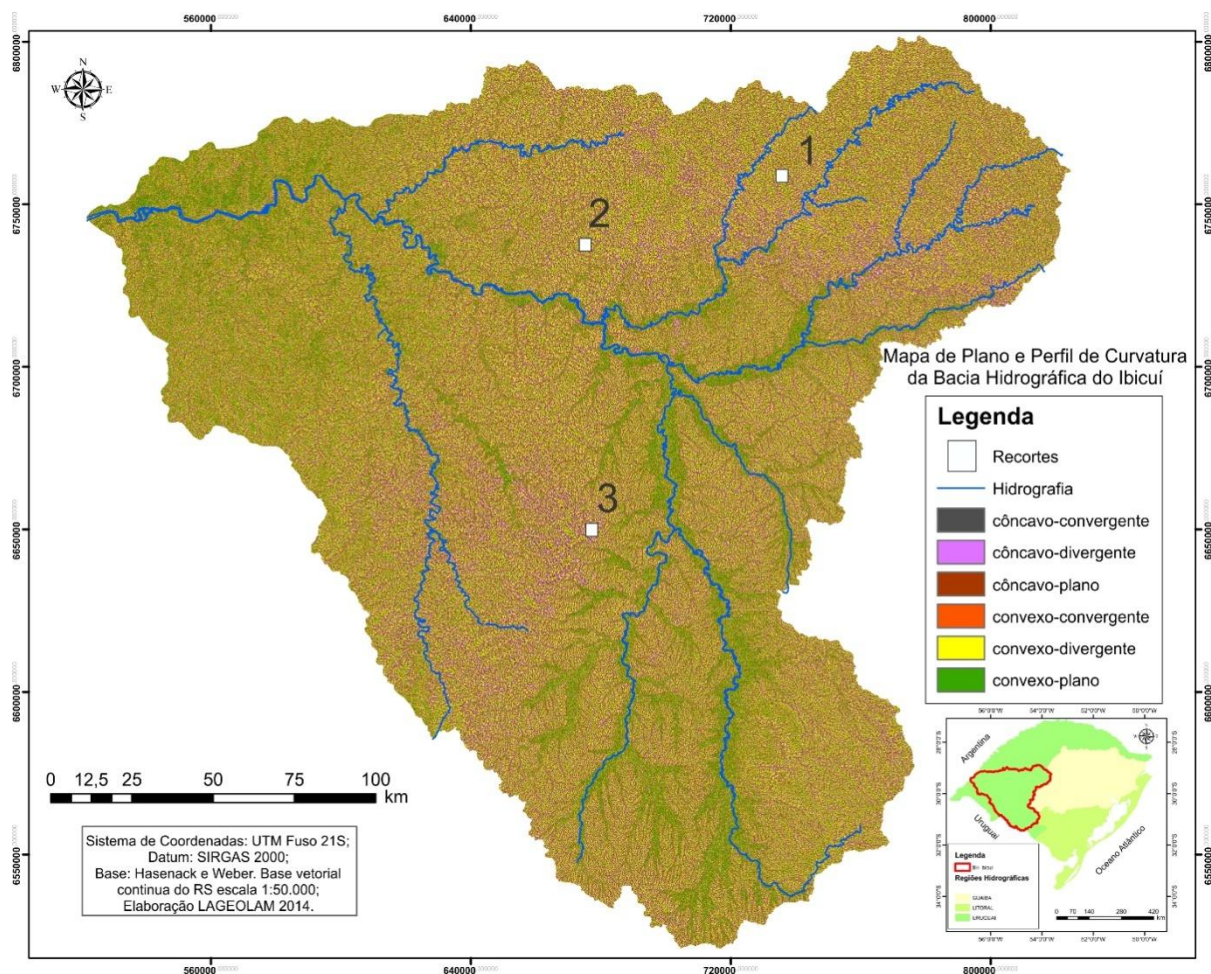
**Figura 5.** Figura indicando a combinação das curvaturas das encostas em perfil e plano. Adaptado de Dikau (1990)

Nas encostas côncavas os padrões côncavo-convergente e côncavo-divergente ocorrem disseminados por toda a bacia, cada um perfazendo, respectivamente, 14,32% e 15,08% do total (Figura 06). As porções, de encosta, côncavo-plano são as mais representativas, ocupando 19,52%.

Nas encostas convexas o padrão mais representativo é o convexo-divergente com 30,36% do total da bacia. As encostas com padrão convexo-plano ocorrem em 16,53% da bacia e as menos representativas são as encostas com padrão convexo-convergente, com 4,17% da bacia.

Plano-Perfil de Curvatura	Área em km <sup>2</sup>	%
Convexo-Plano	7.703,79	16,53
Convexo-Divergente	14.149,94	30,36
Côncavo-Convergente	6.674	14,32
Côncavo-Plano	9.101,79	19,52
Côncavo-Divergente	7.029,84	15,08
Convexo-Convergente	1.943,61	4,17

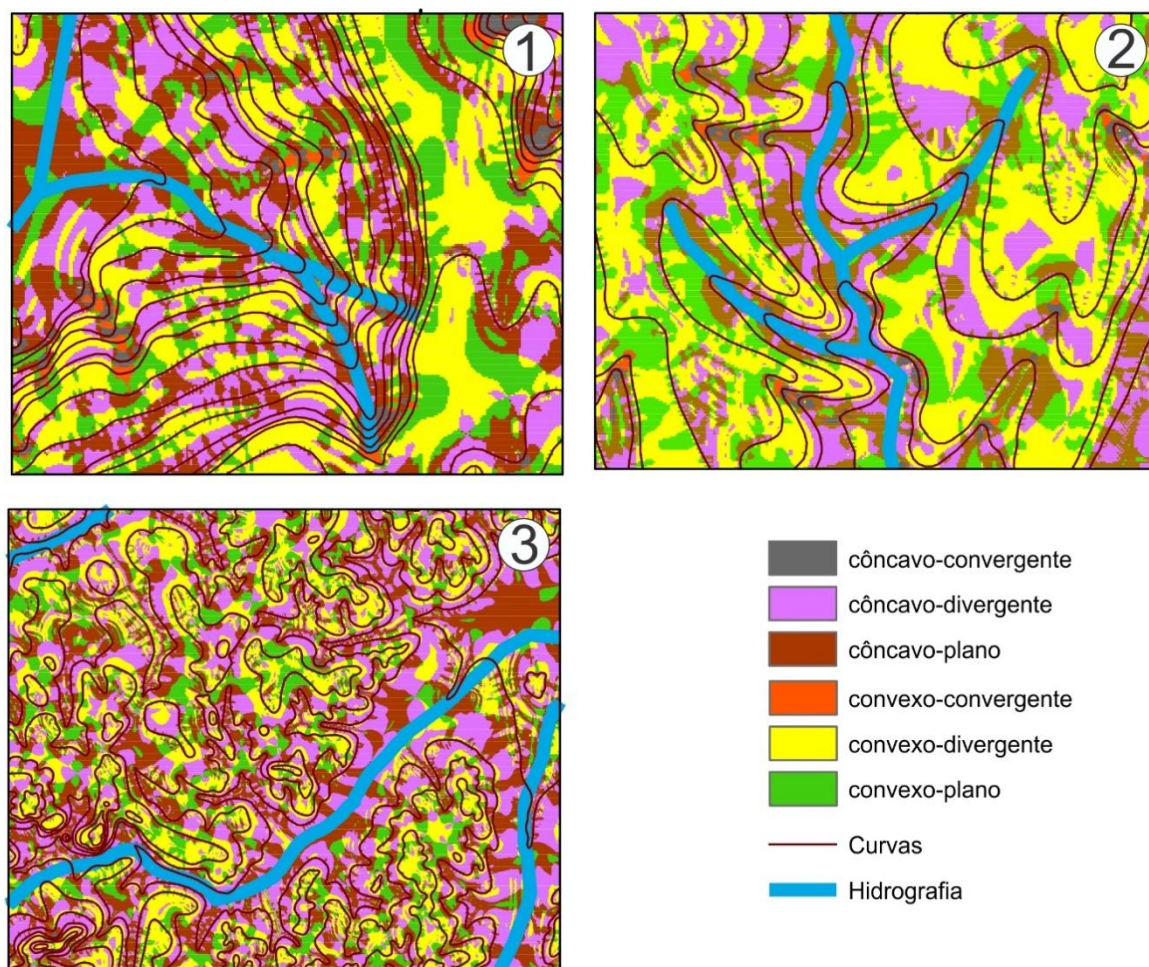
**Tabela 4.** indicação da área ocupada pelas diferentes formas de curvatura.



**Figura 6.** Nesta imagem podemos observar com ênfase alguns planos e perfis de curvatura das vertentes, sendo possível distinguir visualmente algumas das unidades descritas, além disso as diferenças entre unidades podem ser observadas em valores numéricos.

Para a apresentação de informações relacionadas a plano e a perfil de curvatura de vertentes, é necessário que haja a demonstração das informações de forma detalhada, como está apresentada na figura 7. As informações referentes a curvatura, expressão a resposta das vertentes frente ao fluxo de matéria e energia e auxiliam na descrição das diferentes formas de relevo que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí.





**Figura 7.** Imagem mostrando 3 recortes, detalhando as diferentes formas das vertentes, além das curvas de nível e da hidrografia que permitem uma melhor visualização das curvaturas.

## Classificação das Unidades Morfológicas

Através da análise dos parâmetros morfométricos do relevo, definiu-se as unidades morfológicas ou padrões de relevo (figura 8) e suas áreas com formas homogêneas na BHRI, a quantificação das unidades pode ser observada na tabela 5.

Plano-Perfil de Curvatura	Área em km <sup>2</sup>	%
Morrotos isolados	57	0,12
Morros e morrotos	5.504	11,96
Colinas fortemente onduladas	23.310	50,67

Colinas suavemente onduladas	10.082	21,91
Áreas Planas	6.983	15,18

**Tabela 5.** apresentação dos dados referentes a quantificação dos padrões de relevo.

A compartimentação permitiu a definição de porções com características distintas, seja em relação a altitude, declividade, amplitude e curvatura das encostas. As diferentes unidades morfológicas presentes na BHRI.

Em termos morfoestruturais a BHRI está inserida em duas grandes unidades, sendo elas o Planalto da Serra Geral e a Depressão Periférica. O relevo da BHRI é marcado pela existência de três grandes feições de dissecação: o primeiro localizado ao norte e está representada pelo Planalto das Missões, o segundo, a sudeste, representado pelo Escudo Sul Rio-grandense e um terceiro, formando uma faixa centro-sul, denominado “Serra do Caverá” que representa porções elevadas do Planalto da Campanha.

A BHRI, apresenta uma boa diversidade de formas de relevo, pois é possível encontrar desde áreas planas junto a drenagens como morros e morrotes nas linhas de cumeada que limitam as nascentes da Bacia Hidrográfica. Foram encontradas e classificadas seis (06) unidades de relevo, sendo elas: *Morrotes Isolados; Morros e Morrotes; Colinas Suavemente Onduladas; Colinas Fortemente Onduladas; Escarpas; e Áreas Planas.*

*Morrotes Isolados:* São formas relevo com declividade de encostas superior a 15% e amplitude altimétrica inferior a 100 metros, marcam a evolução dos processos erosivos sobre as áreas elevadas topograficamente (figura 09C). Essas porções se mantêm elevadas em relação ao seu entorno, por apresentarem uma maior resistência aos processos degradacionais, ocupam uma área de 0,12% da BHRI.

Em alguns casos podem apresentar diferenças, relacionadas ao tipo de litologias, pois morrotes com topo plano em geral são compostos de arenitos, enquanto que topos arredondados podem indicar rochas vulcânicas.

Nos *Morrotes Isolados* encontrados na BHRI, a resistência se dá pelo tipo de cimento que agrega os grânulos em rochas sedimentares, que no caso é composto por Sílica e Óxido de Ferro. Também existem alguns morrotes que são preservados por serem compostos ou ter o topo coberto com rochas vulcânicas. Essas feições apresentam curvaturas convergentes-côncavas nas porções onde a nascentes e nos canais de primeira ordem, comuns a essas feições. Nas demais porções das encostas predominam curvaturas divergente-convexa. Os topos variam de planos a convexos.

Em direção ao rebordo do Planalto da Serra Geral e em algumas porções ao centro-oeste (Serra do Caverá) e a sudeste (Escudo Sul Riograndense) as formas de relevo passam a *Morros e Morrotes*, caracterizados por declividade de encosta superior a 15% e amplitude variando de 60m a 180m (figura 09B). Ocorrem em 11,96% da bacia, formando as áreas mais movimentadas, suscetíveis a atuação de processos erosivos e movimentos de massa.

As encostas nesta unidade são, predominantemente, com perfil côncavo (53%), variando do padrão côncavo-convergente (23%) e côncavo-divergente (21%). Nas vertentes de perfil convexo o padrão convexo-divergente é predominante com 31% e o convexo-plano o menos representativo.

*Colinas Suavemente Onduladas*: predominam em direção ao rio Uruguai ou a foz da BHRI (a oeste) e no extremo sul. São colinas mais dissecadas, se caracterizando por amplos interflúvios, com declividades entre 2 e 5 % e amplitudes entre 20m e 40m.

Essas formas de relevo são responsáveis por marcar o limite em que os processos deposicionais são superados pelos degradacionais, ou seja, ocorre o surgimento de incisões lineares (Ravinas e Voçorocas) e pequenos “*piping*”.

Ocorrem em 21,91% da área da bacia e suas encostas podem ser caracterizadas como predominando um perfil convexo (53%), especialmente, o padrão convexo-divergente (30%) e o padrão convexo-plano (21%). As vertentes côncavas constituem, dominantemente, o padrão côncavo-plano (24%) (figura 09E).



Nas áreas de nascentes, principalmente na porção norte da bacia, desenvolvem pequenas bacias semi-circulares, conhecidas como “Dolinas” (figura 09A).

*Colinas Fortemente Onduladas:* as declividades ficam em sua maioria no intervalo de 5 a 15%, apresentam interflúvios mais curtos e comprimento de vertentes menores (figura 09D). Algumas dessas colinas apresentam degraus rochosos (rochas mais resistentes que as do seu entorno), que somente são identificados em campo.

Nesta unidade predominam vertentes com perfil de curvatura côncavo (52%) onde os planos de curvatura variam de convergente, divergente e plano, com ocorrência entre 16 a 18% cada. Nas encostas com perfil convexo, o padrão convexo-divergente é o mais representativo, compondo ao redor de 31%.

Em algumas áreas se observa processos erosivos lineares acelerados, que geram voçorocas, e em outras áreas processos de arenização (Suertegaray et al 2012). Essas colinas limitam o uso e ocupação com mecanização terrestre de agricultura. As Colinas Fortemente onduladas são as unidades de relevo que predominam na BHRI, ocupando 50,67%.

*Escarpas* caracterizam-se por superfícies lineares que marcam rupturas no relevo, são porções íngremes (declividade superior a 15%), em sua maioria vegetadas com espécies arbóreas arbustivas, e comum o aparecimento de cornijas, marcando porções verticais com amplitude altimétricas de até 80 metros (figura 09G).

*Áreas Planas:* são unidades, onde a declividade não ultrapassa os 2% (figura 09F), sendo que mais comumente, está associada as planícies de inundação e áreas próximas aos principais rios da BHRI, predominam processos ligados a deposição. Quando analisadas com maior detalhe, é possível encontrá-las nos topos de morros e base de encostas e colinas.

Em relação a quantificação das classes, observamos que as unidades que predominam são as colinas, sendo que estão distribuídas em quase toda a área de estudo. Os *Morrotes Isolados* são os que detêm a menor área dentro da BHRIA.

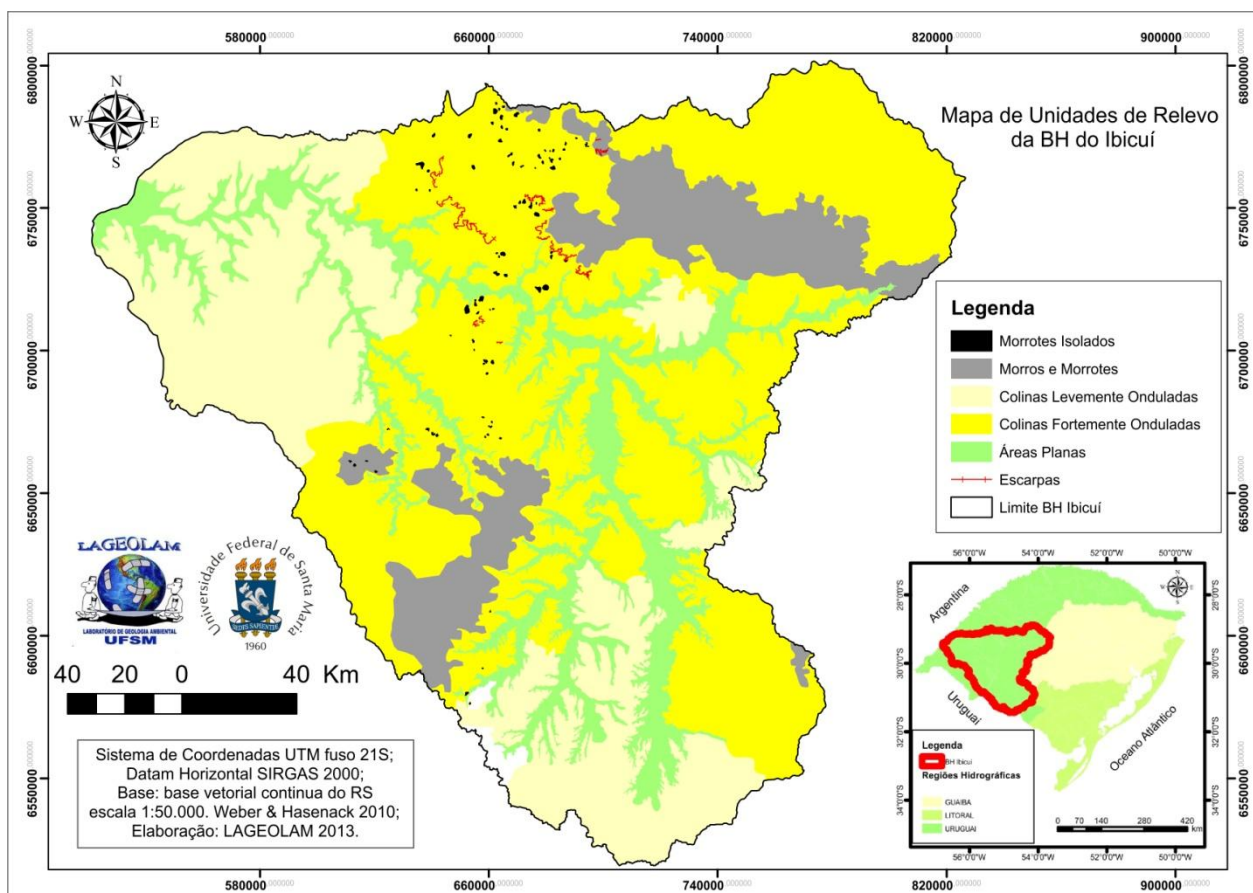


Figura 8. Mapa das Unidades Morfológicas da BHRI.



**Figura 9.** Mosaico indicando imagens das diversas formas de relevo observadas na BHRI. A imagem “A”

Colinas suavemente onduladas, localizam-se nas porções mais elevadas, é pode-se observar feições semicirculares, nessas porções encontram-se surgências que dão origem a canais de primeira ordem; “B” morros e morrotes, são porções onde as feições apresentam declividades superiores 15%; “C” Morrotes isolados, indicam

porções mais resistentes aos processos intempéricos e erosivos; “D” Colinas fortemente Onduladas a inclinação fica entre 5 e 15% com interflúvios curtos; “E” Colinas suavemente onduladas, as inclinações se mantêm entre 2 e 5%; “F” mostra áreas planas, é possível observar a quase inexistência de ondulação; “G” imagem apresentando um exemplo de Escarpa.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A bacia hidrográfica do rio Ibicuí tem sido objeto de estudo em diversas pesquisas geomorfológicas desde a década de 1980. Entretanto, a configuração do relevo ainda não havia sido espacializada ou quantificada por meio de análise morfométrica dos atributos de relevo.

Os resultados mostraram que a metodologia e a escala de análise foram satisfatórias, sendo que cumpriram os objetivos e as expectativas esperadas. A análise permitiu a compartimentação da bacia em seis unidades. Essas unidades foram delimitadas de acordo com a estrutura (ou arranjo) espacial dos parâmetros utilizados.

O estudo descreve as diferentes formas que compõe a paisagem e aponta suas principais características quanto a fisionomia e a possíveis processos que possam ser desencadeados, sejam naturais ou por ações antrópicas. Dessa forma, além de enriquecer a geomorfologia regional, permite evoluir nos estudos ligados a dinâmica sociedade/natureza, sendo que com essas informações é possível que haja uma tomada de decisões conscientes, quando se aborda como temática o ordenamento e planejamento territorial e estudos ambientais.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo auxílio financeiro necessário para o desenvolvimento do trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

- ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Org.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em Microbacias hidrográficas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. d.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- DEMECK, J. Ed) 1972. Manual of detailed geomorphological mapping. Prague: Academic. 344p.
- DIKAU, R. The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. - In: RAPER, J. (ed.): **Three dimensional applications in Geographical Information Systems**. 1989. p. 51-77.
- DIKAU, R. **Aspects of constructing a Digital Geomorphological Base Map**. *Geologisches Jahrbuch*, A 122, Hannover (in preparation). 1990.
- FLORENZANO, T. G. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, p. 12-72, 2008.
- HAMMOND, E. H. Small-scale continental landform maps. *Annals of Assoc. American Geographers*, 1954, p33-42.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981. 130 p.
- HUGGETT, R. J. Soil landscape system: a model of soil genesis. *Geoderma*, London, n.13, v.1,1-22, 1975
- MOORE I. D.; GRAYSON R. B.; LADSON, A. R. **Digital Terrain Modelling: A review Of Hydrological, Geomorphological, And Biological Applications**. *Hydrological Processes*, Vol. 5, P. 3-30, 1991
- ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; BAZZAN, T.; RECKZIEGEL, E. W.; DE NARDIN, D.; VERDUM, R. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil: Proposta de classificação. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. V11 n.2, 2010. 11-23p.
- SILVEIRA, C. T. Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: integração de atributos topográficos em sistemas de informações geográficas e redes neurais artificiais / **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia. - Curitiba, 2010.
- SUERTEGARAY, D. M. A; SILVA, L.A. P; GUASSELLI, L. A. (Org). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre, 2012. 600p.
- VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.3, p.539-546, 2003.
- XAVIER DA SILVA, J. Geomorfologia e Geoprocessamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE C. R.. **Quantitative analysis of land surface topography**. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1987. 12: 12-56