

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS DE SANTA CATARINA

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF SMALL RURAL WATERSHEDS IN THE SANTA CATARINA STATE, BRAZIL

Luiz Carlos Pittol Martini

*Departamento de Engenharia Rural - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Santa Catarina - Rodovia
Admar Gonzaga, 1346 - Bairro Itacorubi - CEP 88034-001 - Florianópolis (SC) - e-mail: lmartini@cca.ufsc.br*

Resumo

No trabalho são compilados e analisados dados morfométricos de 72 microbacias rurais caracterizadas ao longo da vigência do Projeto Microbacias em Santa Catarina, iniciado em 1991. Os dados foram agrupados em características geométricas, de relevo e do sistema de drenagem. Foram obtidas algumas relações entre dados morfométricos das bacias estudadas e obteve-se um conjunto de características para definição de uma microbacia rural catarinense representativa.

Palavras-chave: microbacias rurais, morfometria de bacias hidrográficas, recursos hídricos.

Abstract

In the study are compiled and analyzed morphometric data of the 72 small rural watersheds characterized throughout the duration of the Projeto Microbacias, which started in 1991 in Santa Catarina State, Brazil. The data were grouped into geometrical, relief and drainage system characteristics. Were obtained some relations between morphometric data of the studied basins and was obtained a set of characteristics to define a representative small rural watershed in the Santa Catarina State, Brazil.

Keywords: rural watersheds, watershed morphometric, water resources.

Introdução

A delimitação e caracterização física de bacias hidrográficas constitui etapa básica nos estudos relacionados à dinâmica da água superficial e subterrânea, seja do ponto de vista quantitativo ou de qualidade da água. Em particular, as bacias rurais são elementos centrais na gestão de águas, uma vez que a agricultura, além de ser a maior usuária direta, pode ocasionar impactos ao sistema hídrico devido à produção de sedimentos, lançamento de dejetos aos cursos d'água e contaminação ou enriquecimento de solos e mananciais por agrotóxicos e fertilizantes. Além disso, de grande importância é a pressão exercida aos componentes do ciclo hidrológico pela expansão das plantações e criações à custa da superfície florestada natural ou, ao contrário, pela implantação de flo-

restas cultivadas em áreas tradicionalmente utilizadas com campos, lavouras ou pastagens.

De acordo com Leopold et al. (1992), uma área de drenagem pode ser definida simplesmente como a área que contribui com água para um canal em particular ou para um conjunto de canais. De forma mais abrangente, a bacia hidrográfica geralmente é definida como uma "área natural delimitada por divisores de água e drenada por rede conectada de cursos d'água que descarregam em uma única saída denominada foz, exutório, desembocadura ou barra". Como essa definição é invariável em escala, isto é, se aplica a bacias de qualquer tamanho, forma ou vazão descarregada, ela deve também ser adotada na definição de microbacia hidrográfica, apenas com o prefixo "micro" a indicar que se está conside-

rando dimensão reduzida. Para apoiar o que se entende por dimensão reduzida, em hidrologia considera-se que uma pequena bacia hidrográfica é aquela em que o escoamento de água pode ser modelado assumindo que a precipitação é constante no espaço e no tempo.

Como exemplo de emprego do termo microbacia em ações públicas e de planejamento agrícola, pode-se apontar que em Santa Catarina desenvolve-se desde 1991 o Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas, ou simplesmente Projeto Microbacias, concebido ainda sob os fortes impactos sócio-econômicos das enchentes catastróficas de 1983-1984 e que, segundo Costa (2000), originalmente visava “recuperar as áreas degradadas, conservar as que permaneciam intocadas e empregar métodos mais racionais de manejo dos recursos naturais”. De acordo com Pinheiro e Pereira (2007), para fases posteriores do projeto foram estendidas diversas ações com vistas à “aumentar a renda e as oportunidades sociais, culturais e econômicas dos agricultores familiares”, além da manutenção dos objetivos originais. Ainda assim, mesmo que esse programa institucional gradativamente tenha migrado de ações fortemente centradas em intervenções no meio físico para ações de promoção do desenvolvimento da agricultura familiar, na qual a unidade central é a comunidade, a microbacia hidrográfica permaneceu como unidade básica do projeto, pois atende demandas de outros segmentos sociais, notadamente da população urbana cujos suprimentos hídricos são providos por mananciais alimentados por rios que drenam áreas agrícolas potencialmente poluidoras.

Durante a vigência da primeira fase do Projeto Microbacias foram eleitas diversas áreas-chave distribuídas ao longo do território catarinense e nelas foram selecionadas algumas microbacias para a execução dos programas institucionais de extensão rural, principalmente ações de conservação do solo e água em áreas agrícolas. Uma etapa do projeto consistiu na caracterização física das microbacias, trabalho que gerou uma expressiva quantidade de dados morfométricos de unidades hidrográficas catarinenses, mas que se encontram dispersos e aos quais falta uma ideia de conjunto, principalmente no que se refere à ligação entre os aspectos geomorfológicos e o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. Essa ligação é aquela apontada por Rodriguez-Iturbe e Valdés (1979), para os quais existem alguns temas básicos na estrutura geomorfológica de uma bacia hidrográfica que se relacionam intimamente com sua resposta hidrológica.

Dessa forma, o objetivo central deste trabalho foi compilar e analisar dados morfométricos das diversas unidades levantadas ao longo da vigência do Projeto Microbacias de Santa Catarina e relacioná-los com possíveis respostas hidrológicas das bacias. Adicionalmente, neste trabalho pretendeu-se obter subsídios quantitativos para a definição do que é uma “microbacia rural”, ao menos em um contexto regional. Em

outras palavras, almejou-se obter um conjunto de características modais passível de ser empregado para descrição de uma microbacia rural catarinense representativa.

Material e Métodos

Neste trabalho, foram utilizados dados morfométricos de 72 microbacias hidrográficas levantadas durante a primeira fase do Projeto Microbacias de Santa Catarina. Esses dados constam em 61 relatórios realizados por equipes do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina (FAPEU, 1994; 1995) e da Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, 1994-1996).

Na elaboração dos relatórios, seus autores utilizaram como material básico aerofotos pancromáticas em preto e branco com escala aproximada de 1:25.000, de vôos realizados pela Cruzeiro do Sul Levantamentos Aerofotogramétricos no período 1977-1979, e cartas geográficas confeccionadas pelo IBGE e pelo Serviço Cartográfico do Exército, na maior parte em escala 1:50.000 e algumas em escala 1:100.000. As cartas originais foram ampliadas para 1:25.000 por processo gráfico de fototransferência.

As variáveis e métodos empregados na caracterização física das microbacias levantadas constam na Tabela 1. Nem todas as microbacias possuíam a série completa de dados, seja por que alguns deles não constam nos relatórios ou por que se preferiu descartá-los devido a possíveis inconsistências em sua obtenção ou impressão.

Resultados e Discussão

Características geométricas e de relevo

Na Tabela 2 apresenta-se um resumo dos dados de área e perímetro e dos indicadores de relevo e forma das microbacias obtidos nos relatórios utilizados neste trabalho. Obteve-se uma área média das 72 microbacias analisadas de 29,5 km² ou cerca de 3000 hectares, mas deve-se destacar que ao redor de 70% delas apresentaram área inferior a 4000 hectares. A concentração de microbacias nessa faixa de tamanho se explica pelo fato de em áreas dessa dimensão ocorrerem comunidades relativamente pequenas de agricultores, condição que torna realizável ações práticas de extensão rural como aquelas almejadas pelo Projeto Microbacias. As unidades que superam os 8000 hectares são pouco frequentes e podem ter sido escolhidas por apresentarem grandes áreas sem ocupação e que, dessa forma, não exigiriam intervenções dos agentes públicos. Também se deve notar que a classe com maior frequência de microbacias é a de área inferior a 10km².

A área das microbacias rurais catarinenses também pode ser relacionada ao tamanho das propriedades agrícolas.

Em Santa Catarina, um levantamento agropecuário conduzido entre 2002 e 2003 revelou que quase 90% das propriedades possuem área inferior a 50 hectares (CEPA, 2008), com um valor médio entre 10 e 20 hectares. Se for tomada como referência uma microbacia com área igual àquela da média obtida na Tabela 2 e com taxa de ocupação de dois terços da área total, verifica-se que tal microbacia referencial terá entre 100 e 200 propriedades agrícolas. Portanto, a definição

da microbacia a ser levantada se deu mais pela concentração de propriedades agrícolas do que por outro critério, como hidrologia, distribuição de tipos de solos ou relevo. Da mesma forma, reforça-se a ideia de que a escolha do tamanho da microbacia também levou em conta sua taxa de ocupação, isto é, pode-se inferir que as menores unidades apresentam maior concentração de propriedades agrícolas do que as microbacias com áreas relativamente grandes.

Tabela 1 - Variáveis e métodos utilizados na caracterização morfométrica de microbacias hidrográficas catarinenses no Projeto Microbacias, período 1991-1996.

Variável	Método	Referência
Área de drenagem (A)	Planimetria sobre base cartográfica 1:25.000 (km ²)	
Perímetro (P) Comprimento axial da bacia (L _B) Comprimento do rio principal (L _{RP}) Comprimento total de rios (L _T)	Curvímeter sobre base cartográfica 1:25.000 (km)	
Altitudes mínima, média e máxima Amplitude altimétrica da bacia (H _B) Amplitude altimétrica do rio principal (H _R)	Altimetria da base cartográfica (m)	
Declividade média da bacia (S _B)	Método das quadrículas (%)	
Declividade do rio principal (S _R)	$S_R = \frac{H_R}{L_{RP}}$ (m/m)	
Coefficiente de compacidade (K _c)	$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$ (adimensional)	
Fator de forma (K _f)	$K_f = \frac{A}{L_B^2}$ (adimensional)	Vilella e Mattos (1975)
Ordem da bacia	Método de Strahler	
Densidade de drenagem (D _d)	$D_d = \frac{L_T}{A}$ (km/km ²)	
Extensão média do escoamento superficial (L _{ES})	$L_{ES} = \frac{A}{4L_T}$ (km)	
Sinuosidade rio principal (Sin _R)	$Sin_R = \frac{L_{RP}}{L_B} \times 100$ (%)	Christofolletti (1981)
Razão de alongação (R _e) ¹	$R_e = \frac{\sqrt{4A/\pi}}{L_B}$ (adimensional)	Schumn (1956) <i>apud</i> Chopra et al. (2005)
Textura da rede de drenagem (T _{rd}) ¹	$T_{rd} = \frac{L_T}{P}$ (adimensional)	Horton (1945) <i>apud</i> Chopra et al. (2005)
Coefficiente de manutenção de canal (C _{mc}) ¹	$C_{mc} = \frac{1}{D_d}$ (m ² /m), com D _d em m/m ²	Strahler (1964)
Coefficiente de rugosidade da bacia (R _n) ¹	$R_n = H_B \times D_d$ (adimensional)	

¹ Variáveis que não constam nos relatórios originais, mas que foram calculadas com base em outros dados disponíveis nesses relatórios.

Com respeito ao relevo, pode-se verificar na Tabela 2 que as microbacias levantadas apresentam altitudes que seguem aproximadamente a distribuição Normal, a indicar que se visou atender a variada distribuição hipsométrica catarinense e, indiretamente, atenderam-se os dois tipos climáticos preponderantes, Cfa e Cfb de Köppen, que na região sul do Brasil estão separados pela altitude. A maior parte das microbacias situa-se em altitudes acima de 200 metros, com maior frequência na classe entre 400-600 metros (média de 572 metros). A maior concentração de microbacias em terre-

nos entre 400 e 600 metros é representativa da hipsometria e do clima do estado de Santa Catarina, que possui a maior parte do seu território situado entre 200 e 800 metros de altitude e clima Cfa de Köppen.

Da mesma forma que as altitudes, as declividades médias das microbacias analisadas neste trabalho se ajustam aproximadamente à distribuição Normal, com média de 22,5% e maior concentração na classe entre 20-30%. Qualitativamente, em Uberti et al. (1991) obtém-se que terras com declividades entre 8-20% e 20-45% são definidas

como de relevo ondulado e fortemente ondulado, respectivamente. Essas declividades impõem fortes restrições ao uso agrícola das terras, tanto devido aos riscos de erosão hídrica dos solos como às dificuldades de implantação de cultivos moto-mecanizados. Essa restrição ao uso das terras explica, em parte, a própria estrutura fundiária catarinense, pois as condições topográficas exigiram o desenvolvimento de uma agricultura baseada em cultivos e criações executadas em pequenas áreas e com uso intensivo de mão de obra, normalmente familiar.

No Projeto Microbacias, a forma das microbacias hidrográficas foi caracterizada a partir de índices que procuram sintetizar o formato real com base em figuras geométricas conhecidas, como o círculo e o retângulo, utilizados para compor o coeficiente de compacidade (K_c) e o fator de forma (K_f), respectivamente. No K_c , cuja formulação consiste na razão entre a área de um círculo com perímetro igual ao da bacia e a área dessa mesma bacia, valores próximos de 1 indicam bacias mais compactas. No K_f , que utiliza a razão entre largura média e comprimento axial da bacia, também tanto mais compacta será certa bacia quanto mais próximo de 1 for o valor. Dado que o K_c e o K_f expressam a mesma ideia, seria esperado que existisse uma forte correlação entre os dois indicadores. No entanto, isso não ocorreu com os valores desses parâmetros obtidos nas microbacias estudadas, possivelmente

devido à incompatibilidade de se ajustar o formato real de uma bacia simultaneamente aos modelos idealizados de um círculo e de um retângulo.

Para contornar a ambiguidade dos dados de K_c e K_f , neste trabalho optou-se por calcular a razão de alongação (R_c) como proposto por Schumn (1956) apud Chopra et al. (2005) e cujos resultados constam na Tabela 4, que sintetiza os valores obtidos para quatro parâmetros adicionais calculados com base em dados que constam nos relatórios das microbacias. A R_c é calculada pela razão entre o diâmetro de um círculo com área igual a da bacia e o comprimento máximo da bacia, aqui adotado como sendo o comprimento axial da bacia (dado disponível nos relatórios). De acordo com Chopra et al. (2005), o valor da R_c varia entre 0,6 e 1,0 para uma ampla variedade de climas e geologia. Valores próximos de 1,0 são típicos de áreas situadas em baixa altitude, enquanto que valores entre 0,6 a 0,8 estão associados com terras altas e íngremes. Os valores de R_c podem ser agrupados em três categorias indicadoras de formatos: tipicamente circular ($>0,9$), oval ($0,9-0,8$) e alongada ($<0,7$). Dos dados da Tabela 4 se retira que a maior parte (50 em 63 unidades) das microbacias estudadas podem ser consideradas alongadas em graus variados, com as restantes enquadrando-se na categoria oval (12 em 63) e apenas uma tipicamente circular. Esses resultados são compatíveis com o predomínio de áreas com alta declividade e terras altas no Projeto Microbacias.

Tabela 2 - Características geométricas e de relevo de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina levantadas ao longo da vigência do Projeto Microbacias, período 1991-1996.

	Área (km ²)		Perímetro (km)		Altitude média (m)		Declividade média da microbacia (%)		Coeficiente de compacidade		Fator de forma	
		Nº		Nº		Nº		Nº		Nº		Nº
Classes	<10	16	< 10	4	0-200	3	<5	2	<1,1	1	<0,1	1
	10-20	13	10-20	23	200-400	15	5-10	1	1,1-1,3	19	0,1-0,2	13
	20-30	12	20-30	18	400-600	19	10-15	7	1,3-1,5	28	0,2-0,3	18
	30-40	10	30-40	14	600-800	18	15-20	20	1,5-1,7	11	0,3-0,4	18
	40-50	9	40-50	3	800-1000	9	20-30	21	1,7-1,9	5	0,4-0,5	7
	50-60	6	50-60	2	1000-1200	2	30-40	11	>1,9	2	0,5-0,6	5
	60-70	2	> 60	2			40-50	1			>0,6	1
	70-80	2					>50	1				
>80	2											
Média	29,5		25,7		572		22,5		1,41		0,3	
Total	72		66		66		64		66		63	

Características da rede de drenagem

A Tabela 3 exibe a síntese de seis descritores da rede de drenagem empregados nos levantamentos executados no Projeto Microbacias catarinense. Com dados disponíveis nos relatórios de caracterização das microbacias, neste trabalho foram calculados três descritores adicionais da rede de drenagem (Tabela 4).

As diferentes formulações utilizadas nos descritores da rede drenagem apresentam relações diretas ou indiretas entre si. Por exemplo, a extensão média do escoamento superficial, a textura da rede de drenagem e o coeficiente de manutenção do canal são formulações que utilizam a densidade de drenagem como fator de entrada em sua computação. Por outro lado, a ordem da bacia depende do grau de ramificação da rede de drenagem, mas também se

correlaciona positivamente com a riqueza de cursos de água de certa microbacia.

Dado que a escala da base cartográfica interfere na identificação e mensuração de feições geográficas, todos os descritores da rede de drenagem devem ser considerados em uma escala de referência. No Projeto Microbacias foram utilizados materiais de diferentes origens, mas pode-se adotar 1:50.000 como a escala de referência.

As microbacias analisadas neste trabalho são classificadas principalmente como de 3ª ou 4ª ordem e apresentam densidade de drenagem média de cerca de 2,0 km/km². Apresentam também extensão média do escoamento superficial ao redor de 320 metros, textura de rede de drenagem muito grosseira (menor do que 2) e coeficiente de manutenção de canal médio de aproximadamente 650 metros quadrados de área de drenagem para cada metro linear de curso de água.

Em termos gerais, uma inspeção dos dados da Tabela 3 mostra que quase três quartos das microbacias estudadas possuem densidade de drenagem inferior a 2,5 km/km², valores considerados baixos por Strahler (1964). Para esse autor, baixas densidades de drenagem ocorrem principalmente em regiões com subsolo altamente resistente ou altamente permeável, sob densa cobertura vegetal e em relevo plano. Por sua vez, altas densidades de drenagem são favorecidas por materiais subsuperficiais de fraca resistência ou impermeáveis, vegetação esparsa e relevo montanhoso. Considerando as características predominantes de relevo (Tabela 2), pode-se considerar que a baixa densidade de drenagem das microbacias estudadas está mais associada ao subsolo resistente a processos erosivos e à densa cobertura vegetal original da maior parte do território catarinense.

A baixa densidade de drenagem média observada nas microbacias estudadas também indica que em condições naturais os excessos hídricos decorrentes de chuvas intensas devem escoar em grandes superfícies até chegarem aos leitos definidos em canais, isto é, os fluxos deslocam-se por rampas com comprimento

médio de 320 metros até atingirem um curso de água definido. Em consequência, usos das terras que alteram a capacidade de infiltração de água no solo podem acelerar o processo de erosão hídrica nas encostas, seja sob a forma laminar ou, em situações mais avançadas, determinar a formação de ravinas. A retirada da cobertura florestal é o fator antropogênico que acelera mais drasticamente a erosão laminar e o ravinamento da superfície de encostas, processos que serão tanto mais intensos quanto mais íngreme for o terreno e maiores forem as alterações nas propriedades originais do solo. O coeficiente de rugosidade da bacia (*ruggedness number*, R_n) sintetiza o quanto um terreno é “íngreme”, pois foi definido por Strahler (1964) como o produto da amplitude de altitude H_B pela densidade de drenagem D_d , ambos os termos com a mesma unidade. De acordo com Strahler (1964), se D_d aumentar enquanto H_B permanecer constante, a distância horizontal entre os divisores de água e canais adjacentes diminuirá, mas resultará em incremento na declividade da encosta. Da mesma forma, se D_d permanecer constante e H_B aumentar, a diferença de altitude entre divisores de água e canais adjacentes também aumentará, o que também resultará em incremento na declividade da encosta. Em consequência, microbacias em que predominam encostas longas e com alta declividade apresentarão valores mais altos de R_n . Com base nessas propriedades do coeficiente de rugosidade, alguns trabalhos propõem seu uso como indicativo da capacidade de usos das terras (por exemplo, Araújo Júnior et al., 2002).

Com relação às características do curso de água principal, nas microbacias levantadas no Projeto Microbacias predominam rios principais com comprimentos inferiores a 20 quilômetros, declividades entre 0,01-0,10 m/m (entre 1-10%) e pouco sinuosos. Com tais características, ao longo de seu traçado devem predominar correntes com baixa lâmina de água e velocidades de fluxo altas, muitas vezes caracterizando um regime torrencial ou encachoeirado. Em tais regimes, pode-se esperar alta capacidade de transporte de sedimentos e alto potencial de alteração de margens desestabilizadas devido a eventuais remoções da vegetação ciliar.

Tabela 3 - Características da rede de drenagem de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina levantadas ao longo da vigência do Projeto Microbacias, período 1991-1996.

	Ordem		Densidade de drenagem (km/km²)		Extensão média do escoamento superficial (metros)		Comprimento do rio principal (km)		Declividade do rio principal (m/m)		Sinuosidade rio principal (%)	
	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	
Classes	2ª	9	<1,0	11	< 100	8	<5	10	< 0,01	2	< 10	26
	3ª	31	1,0-1,5	12	100-200	25	5-10	21	0,01-0,05	35	10-20	22
	4ª	22	1,5-2,0	19	200-400	16	10-15	14	0,05-0,10	19	20-30	7
	5ª	5	2,0-2,5	10	400-600	8	15-20	12	0,10-0,15	3	30-40	6
			2,5-3,0	5	600-800	6	20-25	3	0,15-0,20	2	40-50	3
			3,0-3,5	7	800-1000	2	>25	1	>0,20	1	> 50	5
			3,5-4,0	2	> 1000	3						
>4,0	5											
Média	3ª		2,01	321		11,1		0,054		19		
Total		67		71		68		61		62		69

Tabela 4 - Indicadores morfométricos calculados com base em dados de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina levantadas ao longo da vigência do Projeto Microbacias, período 1991-1996.

	Razão de alongação	Nº	Textura da rede de drenagem	Nº	Coefficiente de manutenção de canal (m ² /m)	Nº	Coefficiente de rugosidade da bacia	Nº
Classes	<0,4	2	<2	39	<200	3	<0,5	17
	0,4-0,5	12	2-4	17	200-600	39	0,5-1,0	26
	0,5-0,6	16	4-6	2	600-1000	18	1,0-1,5	14
	0,6-0,7	20	6-8	1	1000-1400	5	1,5-2,0	6
	0,7-0,8	9	>8	0	1400-1800	4	2,0-2,5	3
	0,8-0,9	3			1800-2200	1	>2,5	2
	>0,9	1			>2200	1		
Média	0,61		1,88		665		0,93	
Total		63		59		71		68

Relações entre características morfométricas das microbacias estudadas

As bacias hidrográficas exibem formas variadas e inúmeros tipos de organização da rede de drenagem, pois o desenvolvimento de um vale pode ser entendido como o resultado da relação funcional entre fatores que também apresentam larga variação, como clima, relevo, cobertura vegetal, litologia, solo, tipo de processo dominante nas encostas e tempo (Vogt et al., 2003). No entanto, alguns descritores morfométricos são capazes de sintetizar a combinação entre esses fatores. A densidade de drenagem é um exemplo dessa síntese, pois ela mostra como os cursos de água dissecaram a paisagem ao longo do tempo. Como ilustração, a Figura 1 mostra a relação funcional entre a densidade de drenagem e a declividade média para as microbacias catarinenses estudadas. Pode-se verificar que a densidade de drenagem aumenta ao redor de uma unidade quando se comparam microbacias com relevo entre plano a suavemente ondulado (declividade até 8%) e microbacias com relevo montanhoso ou escarpado (declividade média acima de 45%). Não obstante a densidade de drenagem ser baixa nas microbacias estudadas, seja por subsolo resistente e/ou por densa cobertura florestal, ainda assim pode ser notado o efeito do relevo no trabalho erosivo das águas.

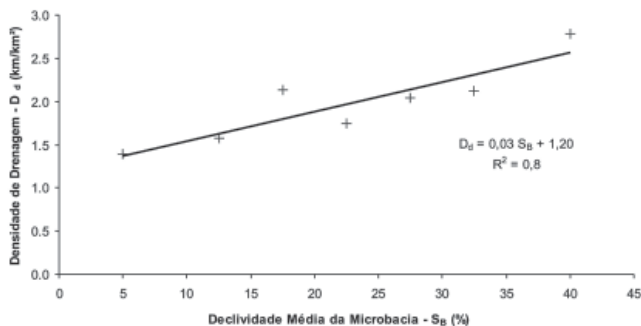


Figura 1 - Relação entre declividade média da microbacia e densidade de drenagem para 59 microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina caracterizadas ao longo da vigência do Projeto Microbacias, período 1991-1996. Os pontos no gráfico indicam o valor médio do intervalo de classe de declividade para os quais foram calculadas as médias de densidade de drenagem.

Como estabelecido por Strahler (1964), elementos lineares tais como o comprimento total de rios, por exemplo, devem estar relacionados com a área da bacia. Seguindo essa orientação, na Figura 2 apresenta-se a relação entre o comprimento total de cursos de água (L_T) e a área de drenagem da microbacia (A). No mesmo gráfico, mostra-se a relação entre L_T e a ordem da microbacia. Pode-se considerar que o modelo linear fornece um bom ajuste entre as variáveis L_T e A , embora um R^2 igual a 0,60 indique que 40% da variação são explicados por outros fatores. O modelo linear mostra que independente do tamanho e da ordem da bacia, a densidade de drenagem permanece constante e igual a 2,0 km/km², justamente o valor médio encontrado para 72 microbacias analisadas (Tabela 3). Nesse caso, considera-se que a densidade de drenagem não varia com a alteração da área total da bacia ou da ordem e eventuais alterações serão resultado de mudanças em fatores como relevo, litologia, cobertura vegetal e tipo de solo, entre outros.

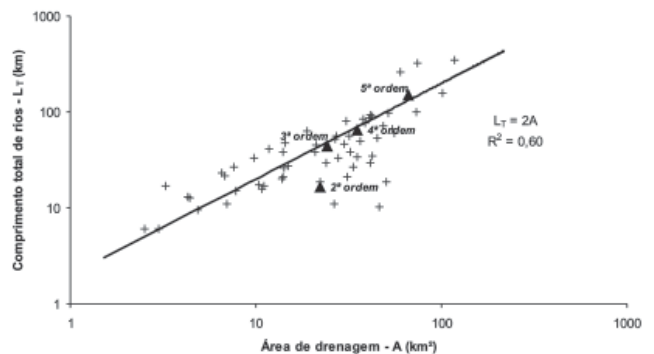


Figura 2 - Relação entre comprimento total de cursos de água e área de drenagem para 59 microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina caracterizadas ao longo da vigência do Projeto Microbacias, período 1991-1996. Também estão indicadas as ordens das microbacias com relação ao comprimento médio total de cursos de água em cada ordem. Os eixos do gráfico estão plotados em escala logarítmica.

A Figura 3 mostra que a relação entre o comprimento do rio principal (L_{RP}) e a área de drenagem da microbacia (A) apresenta coeficiente de determinação elevado ($R^2=0,8$), seguindo uma linha de tendência do tipo potencial e com equação de ajuste $L_{RP} = 1,5A^{0,6}$. Leopold et al. (1992) mostram equação idêntica a essa para bacias do nordeste dos EUA, indicando que os coeficientes variam entre 0,6 e 1,6 e expoente entre 0,6 e 0,7 (os coeficientes foram alterados do original de milhas para quilômetros). Portanto, os dados das microbacias catarinenses se ajustam adequadamente a um modelo geral de crescimento do comprimento do rio principal com a área da bacia. Com base na equação de ajuste, obtém-se que uma microbacia de área unitária (1km² ou 100 hectares) apresentará um curso de água principal com 1,5km de comprimento.

Diversas outras relações funcionais podem ser identificadas entre as variáveis morfométricas estudadas na caracterização das microbacias catarinenses. Embora tais relações possam ser úteis na descrição física dessas microbacias, para inferência sobre o comportamento hidrológico são necessários estudos conjuntos baseados em registros históricos de vazão para rios de diversos portes. As tarefas necessárias para esse tipo de estudo fogem do escopo deste trabalho e deverão ser empreendidas oportunamente.

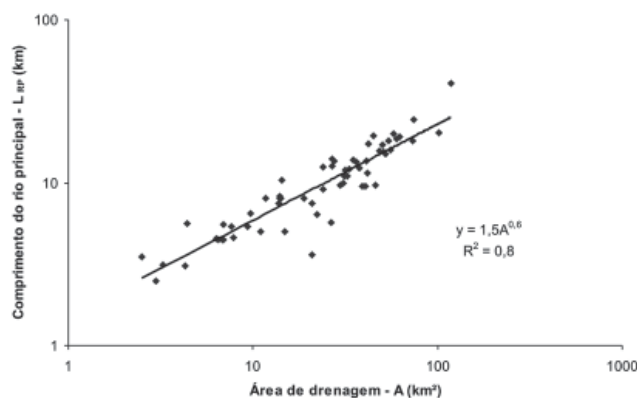


Figura 3 - Relação entre comprimento do rio principal e área de drenagem para microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina caracterizadas ao longo da vigência do Projeto Microbacias, período 1991-1996. Os eixos do gráfico estão plotados em escala logarítmica.

Conclusão

A partir dos dados de bacias hidrográficas estudadas ao longo do Projeto Microbacias desenvolvido em Santa Catarina desde 1991, podem-se obter valores médios ou modais e aplicá-los na definição de uma microbacia que sintetize as principais características geométricas, do relevo e do sistema de drenagem encontradas no Estado. Com respeito às características geométricas e do relevo, uma microbacia rural representativa de Santa Catarina apresenta

área de aproximadamente 3000 hectares, altitude entre 400 e 600 metros e declividade média ao redor de 22%, que corresponde a um relevo entre ondulado a forte ondulado. No tocante ao sistema de drenagem, essa microbacia será de 3ª ordem, com densidade de drenagem de 2km/km² e extensão média do escoamento superficial de cerca de 320 metros. O comprimento do rio principal que drena essa microbacia representativa possui cerca de 11km, declividade média de 5% e sinuosidade ao redor de 20%. Esse curso de água apresenta fluxo predominantemente torrencial ou encachoeirado, com baixa lâmina de água e alta taxa de transporte de sedimentos. A microbacia rural catarinense representativa apresenta forte vulnerabilidade à erosão hídrica do solo. Portanto, o manejo das terras deverá proporcionar proteção contra o potencial erosivo das chuvas e o arraste de sedimentos. Da mesma forma, em virtude de os cursos de água apresentarem alta declividade do leito e regime torrencial de fluxo, deve-se priorizar a proteção das margens com vegetação ciliar.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO JÚNIOR, A. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X. de; CARDOSO, L. G. Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do rio Capivara – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n.2, 2002, p106-121.

CEPA – Centro de Socioeconomia e Planejamento. **Números da agropecuária catarinense**. Florianópolis: Epagri/CEPA, 2008. 64p.

CHOPRA, R.; DHIMAN, R. D.; SHARMA, P.K. Morphometric analysis of sub-watersheds in Gurdaspur District, Punjab using remote sensing and GIS techniques. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, Vol. 33, No. 4, 2005. p. 531-539.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. – São Paulo: Edgard Blucher, 1981. 313p.

COSTA, Antônio J. F. da. Projeto de Recuperação, Conservação e Manejo dos Recursos Naturais em Microbacias Hidrográficas. In: FARAH, Marta F. S.; BARBOZA, Hélio B. (orgs.). **Novas Experiências de Gestão Pública e Cidadania**. – Rio de Janeiro: FGV, 2000. 296p. – (Coleção FGV Prática).

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Inventários das terras em microbacias hidrográficas**. Florianópolis: EPAGRI, 1995; 1996. (Inventário das terras em microbacias hidrográficas, [diversos números]).

FAPEU – Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. **Levantamento e mapeamento de terras...** Antônio A. Uberti... [et al.] – Florianópolis, 1994; 1995. p. il. mapas (documento técnico, [diversos números]).

LEOPOLD, Luna B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, John P. **Fluvial processes in geomorphology**. New York: Dover Publications, 1992. 552p.

PINHEIRO, Sérgio L. G.; PEREIRA, José. C. O projeto desenvolvimento local sustentável/microbacias 2 e a perspectiva agroecológica em Santa Catarina. **Rev. Bras. Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

RODRIGUES-ITURBE, Ignacio; VALDÉS, Juan B. The geomorphologic structure of hydrologic response. **Water Resources Research**, 15(6), 1409-1420, 1979.

STRAHLER, Arthur N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Ven Te (Ed.). **Handbook of applied hydrology: a compendium of water resources technology**. New York: Mc-Graw Hill, 1964. Section 4-II Part II, 4-39 – 4-75.

UBERTI, Antonio A.A.; BACIC, I.L.Z.; PANICHI, J. de A.V.; LAUS NETO, J.A.; MOSER, J.M.; PUNDEK, M.; CARRIÃO, S.L. **Metodologia para classificação da aptidão de uso das terras do Estado de Santa Catarina**. – Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1991. 19p. (EMPASC. Documentos, 119).

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

VOGT, J.V.; COLOMBO, R.; BERTOLO, F. Deriving drainage networks and catchment boundaries: a new methodology combining digital elevation data and environmental characteristics. **Geomorphology**, (53) 281-298, 2003.