

## ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO ARROIO DO PADRE, PONTA GROSSA - PR

**Yanayne Benetti Barbosa**

Mestranda do Programa de Engenharia Urbana – UFSC  
[yanayne@gmail.com](mailto:yanayne@gmail.com)

**Silvia Méri Carvalho**

Docente Mestrado em Gestão do Território  
Universidade Estadual de Ponta Grossa  
[silviameri@brturbo.com.br](mailto:silviameri@brturbo.com.br)

### RESUMO

Os estudos realizados abordando bacias hidrográficas ocupam espaço importante na ciência geográfica. Um dos enfoques para esses estudos é a análise morfométrica e as interpretações quantitativas das mesmas. O objetivo principal deste trabalho foi realizar a análise morfométrica da bacia hidrográfica do Arroio do Padre, no município de Ponta Grossa- Pr. A metodologia utilizada inclui a análise morfométrica e a classificação através da hierarquia de Straler para a realização dos cálculos morfométricos, no qual são utilizadas análises Lineares, Areais e Hipsométricas da rede de drenagem. Assim, procurou-se relacionar o padrão de drenagem com os diferentes substratos rochosos como os do Grupo Itararé que apresenta rochas mais permeáveis, os da Formação Serra Geral e Formação Ponta Grossa que apresentam rochas impermeáveis, a esta última somado ainda a presença de faturamento e falhas na área. Os aspectos geológicos foram de vital importância para o estabelecimento das correlações entre o padrão de drenagem e a morfometria. Os resultados da pesquisa permitiram concluir que o padrão de drenagem da bacia hidrográfica do Arroio do Padre é diferenciado, sendo arborescente próximo das cabeceiras e retilíneo ao longo do percurso do rio principal.

**Palavras-chaves:** Análise Morfométrica; Bacia Hidrográfica; Arroio do Padre.

## MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE PADRE STREAM BASIN, PONTA GROSSA - PR

### ABSTRACT

Studies about hydrographical basin are relevant to geographical science. One of the focuses of those studies is the morphometric analysis and its quantitative interpretations. The main goal of this essay is based on the accomplishment of the morphometric analysis of the Padre Stream basin, situated in Ponta Grossa – PR. The methodology used includes the morphometric analysis and the classification through Straler's hierarchy being possible to do the morphometric accounts, using linear, area and hypsometrical analysis of the drainage network. We looked for the relation between the drainage pattern and the different rocks basement as Itarare Group, composed of permeable rocks, and Serra Geral and Ponta Grossa Formation, which are composed of impermeable rocks, besides, in the last one, there are fracture and faults in the area. The geological aspects were very important to establish the correlation between the drainage pattern and the morphometry. The research results permitted to conclude that the drainage pattern of the Padre Stream hydrographical basin differ from its heads, being dendritic and straight through the main river.

**Keywords:** Morphometric Analysis; Hydrographical Basin; Padre Stream.

## INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados à rede hidrográfica sempre foram representativos para a Geomorfologia, proporcionando a compreensão de um dado sistema ambiental relacionado à estruturação das redes de elementos fluviais, que é resultante da interação dos elementos da natureza. A dinâmica das bacias hidrográficas adquire grande importância como suporte técnico científico onde esse sistema aberto compõe diferenciados elementos.

---

Recebido em 01/08/2008  
Aprovado para publicação em 19/02/2009

Um sistema pode ser definido conforme Bertalanffy (1973, p.37)

“Como um conjunto de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade”. Outra definição foi proposta por Christofolletti (1980, p. 1) onde o sistema é definido como um “conjunto dos elementos e das relações entre si e entre seus atributos”.

A aplicação da Teoria dos Sistemas aos estudos geomorfológicos servem para melhor delinear o setor de estudo da pesquisa, assim sendo, abordar em vários aspectos a matéria, a energia e a estrutura. A matéria corresponde ao material que vai ser mobilizado através do sistema, assim pode-se constatar a água como elemento da matéria inserida no sistema hidrográfico e a energia que corresponde às forças que fazem o sistema funcionar, obtendo a gravidade como energia potencial aliando-se a energia cinética através do escoamento das águas ao longo do rio (CHISTOFOLETTI, 1980).

Uma vez delimitado o sistema dentro do conjunto constituinte pode-se observá-lo em várias escalas e as complexidades que estão organizadas de forma hierárquica (CHORLEY; KENNEDY 1971 citado por TROPPEMAIR, 2000). O sistema bacia hidrográfica é composto por vários elementos dentro de sua escala, mas dependendo de qual for analisada, deve observar que cada sistema pode passar a ser um subsistema (ou elemento). Então, conforme a escala deve-se analisar três características principais como tamanho, correlação e causalidade (CHISTOFOLETTI, 1980).

O tamanho do sistema é delimitado pelo número de variáveis que o compõem. O sistema bacia hidrográfica é classificado em  $n$  espaços-fases, e as correlações entre as variáveis em um sistema expressam o modo pelo qual elas se relacionam. Pode-se observar que se pautando na Teoria Geral dos Sistemas segundo Christofolletti (1980), a classificação do sistema bacia hidrográfica em Geomorfologia de acordo com o critério funcional, é classificado como um sistema não-isolado e aberto, possuindo como elemento, o rio.

Para Godoy (1991) a partir de 1945 as bacias hidrográficas começam a ter destaque na forma de análise, surgindo trabalhos como de Horton (1945) apud Christofolletti (1980), que procura estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias, obedecendo-se uma concepção metodológica da abordagem quantitativa das bacias de drenagem.

Uma forma de estudar as bacias é por meio de análises morfométricas, que possibilitam uma quantificação numérica de índices e parâmetros para obter as principais características de uma área de estudo. Com esse trabalho pode-se estabelecer as mensurações morfométricas por meio da análise Areal, Linear e Hipsométrica.

O objetivo central desta pesquisa é abordar a correlação dos principais aspectos geológicos com a análise morfométrica de modo a condicionar ou não a forma do corpo hídrico à litológica da bacia hidrográfica do Arroio do Padre. A causalidade procura mostrar qual é a variável independente que controla e a dependente que é controlada. Assim, o conhecimento do ambiente e seus aspectos hidrográficos e litológicos proporcionam informações que permitem subsidiar ações na área da Bacia.

### **Caracterização da área de estudo**

A Bacia Hidrográfica do Arroio do Padre, com 378,65 ha, localiza-se predominantemente na porção sudoeste do espaço urbano do município de Ponta Grossa, no segundo Planalto dos Campos Gerais, entre as coordenadas UTM (584346/582448 e 7224963/7221454) conforme demonstrado na (Figura 1). As maiores altitudes apresentam-se ao Norte e Nordeste da Bacia, representadas por uma amplitude altimétrica de 175m. O arroio do Padre é afluente do arroio da Ronda que por sua vez é afluente do Rio Tibagi.

Em Ponta Grossa encontram-se os ecossistemas que caracterizam a vegetação de campos limpos, vegetação de planície, mata de Araucária (TAKEDA, MORO, KACZMARECH, 1996).

A mata de Araucária é representada por capões relacionados às depressões, em relevos pouco dissecados, com solos espessos que permitem o estabelecimento de vegetação de grande porte, como as matas ciliares compostas por famílias das Leguminosas, Melastomataceas, Mirtáceas, Malváceas e as Rubiáceas (MEDEIROS, 2000).

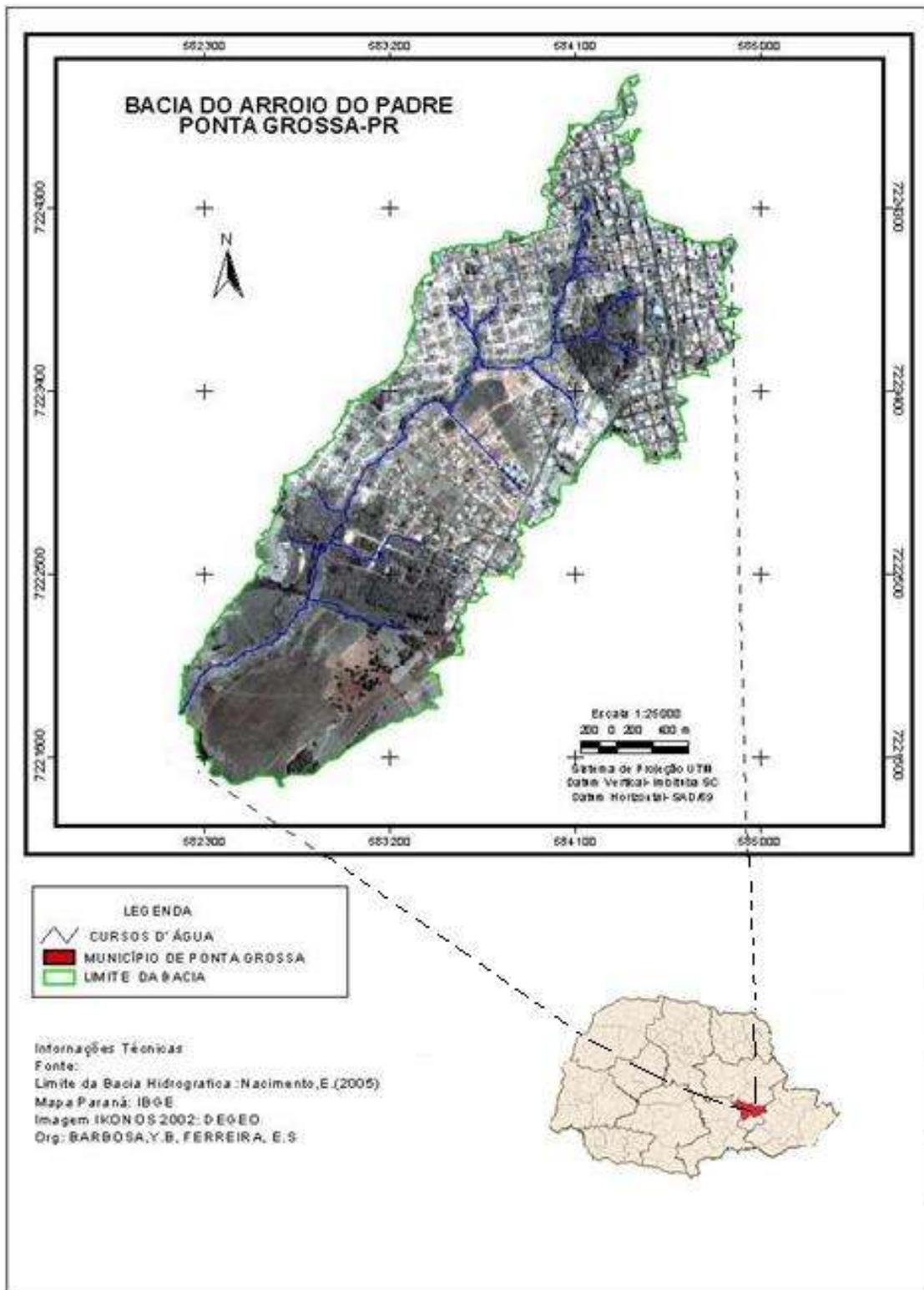


Figura 1 - Localização da área de estudo

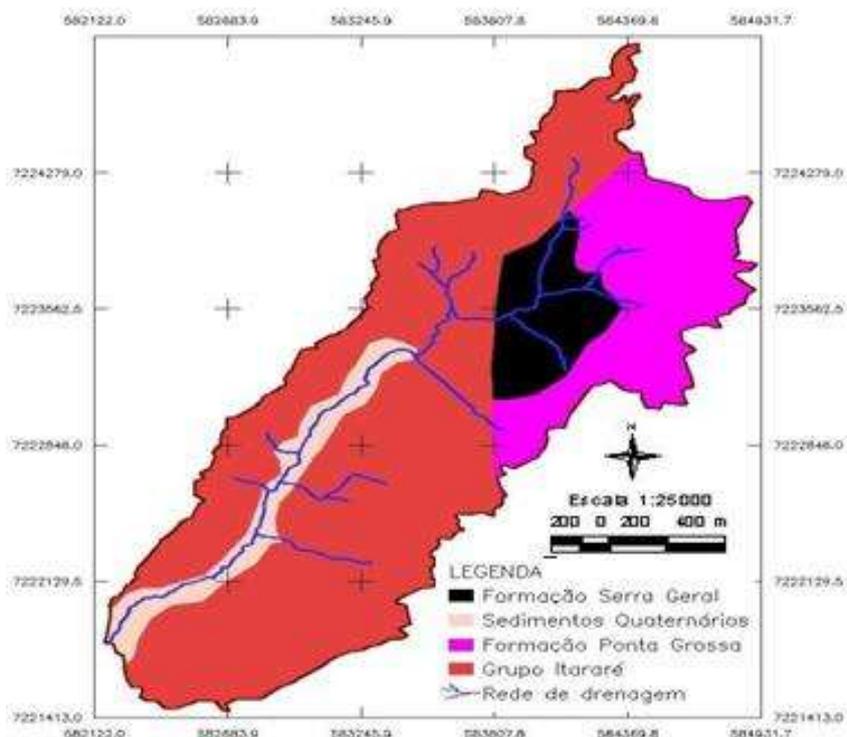
Nos campos limpos dominam áreas de Gramíneas, Ciperáceas, Compostas, Verbenáceas e Leguminosas que formam coberturas herbáceas densas (MORO, 1998). As regiões de

Planícies aluviais contêm uma vegetação predominante de pequeno porte, especialmente herbáceas.

As Unidades Geológicas encontradas no leito do Arroio do Padre tem rochas de diferentes idades e origens (Figura 2).

Formação Ponta Grossa (Devoniano Superior) é encontrada nas cabeceiras e na porção NE, E, SE, S da bacia constituída de rochas sedimentares, conforme Melo; Medeiros;Giannini;Garcia;Pessenda (2003). É composta predominantemente por folhelhos e argilitos e siltitos fossilíferos, com estratificação sub horizontal, dispostos na forma de camadas relativamente delgadas ou lentes lateralmente descontínuas com espessura métrica e decamétrica com coloração muito variada. Tal formação, de acordo com Lange e Petri (1948 citado por Mello 2003), entre outros pode ser dividida em três membros: Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos.

Grupo Itararé (Carbonífero Superior a Permiano Inferior) é observado na cabeceira, no médio curso e na foz do rio, composto por arenito fino a médio, argilosas e siltosas, apresentando cores claras variadas. O referido grupo está representado por três formações que podem ser subdividida em superfície em Lagoa Azul, Campo do Tenente e Taciba (NUCLEAM, 2002).



Fonte: Medeiros, 2000(modificado)

Figura 2: Mapa Geológico - Bacia hidrográfica do Arroio do Padre

Formação Serra Geral ou Magmatismo Serra Geral pode-se observar nas porções NE, E, SE, como, rochas intrusivas sobre a forma de soleira de diabásio (Eocretáceo) e compreendem:

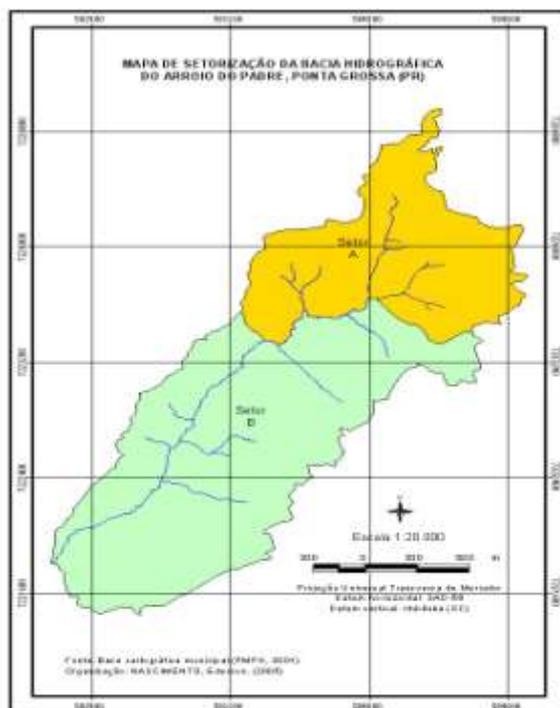
corpos tabulares, concordantes com as rochas encaixantes, apresentando-se localmente descontínuas e com espessuras variadas, a granulação varia de milimétrica a submétrica, cores variadas, originadas de atividade Mesozóica ao longo do Arco de Ponta Grossa (MELO e GODOY, 1997 p. 40).

Os Sedimentos Quaternários podem ser entendidos como acumulações de materiais transportados pela drenagem (MELO; MEDEIROS; GIANNINI; GARCIA; PESSENDA,2003). No

espaço urbano de Ponta Grossa há muitas “acumulações discretas de materiais sedimentares, atribuídas a fases de biostasia e de resistasia dos últimos 40.000 anos, embora delgadas (menos de 10 m de espessura) e pouco extensas” (MELO, M. S; CLAUDINOSALES, V; PEULVAST, J; SAADI, A ; MELLO, C. L, 2005, p. 270). Tais acumulações favorecem o aparecimento de processos erosivos que por sua vez, determinam ocorrência de áreas de risco no espaço urbano, conforme destacam os autores acima.

A bacia hidrográfica do Arroio do Padre foi dividida em dois setores A e B (CARVALHO, 2006) levando-se em consideração as características da rede de drenagem, declividade, topografia e os aspectos geológicos da mesma (figura 3). O setor A corresponde às porções norte e nordeste da bacia, englobando as principais cabeceiras com uma área de 130,34 ha. O setor B corresponde às várzeas do curso principal nas porções sudeste, sul e sudoeste da bacia, com uma área de 248,31 ha.

Quanto à declividade no arroio do Padre, conforme apresenta declividade média de 21% no setor A caracterizando um relevo fortemente ondulado, e de 15% para o setor B caracterizado um relevo ondulado.



Fonte: Carvalho, 2006.

Figura 3: Mapa de setorização da bacia do Arroio do Padre

O clima da cidade de Ponta Grossa foi descrito por Maack (1981) com clima do tipo *Cfb*, clima quente temperado sempre úmido, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, e do mais quente inferior a 22°C, não existindo estação seca definida.

Na área de estudo ocorrem associações de solos Latossolos, Cambissolos, Neossolos, Organossolos e Gleissolos .

Latossolos: “são solos em avançado estágio de intemperismo, muito evoluído com o resultado de energéticas transformações no material constitutivo (salvo matérias pouco alteráveis)” (EMBRAPA, 1999, p. 90) com elevado teor de argila, apresentando segundo Souza (1975) redes de drenagem com características semelhantes as que ocorrem em solos de classe textural areia barrenta.

Cambissolos têm uma espessura de aproximadamente 1,5m e conservam algumas

características ligadas à rocha matriz, como, por exemplo, textura siltico-argilosa. São solos que merecem atenção no que se refere à erosão, uma vez que são pouco profundos e situando-se em áreas com topografia acentuada, (DIEDRICHS, 2002).

Neossolos são “solos constituídos por material mineral ou por material orgânico, pouco espesso com pequena expressão dos processos” pedogenéticos em consequência de baixa intensidade de atuação destes processos. (EMBRAPA, 1999, p. 94).

Organossolos “correspondem a solos pouco evoluídos, constituído por material orgânico proveniente de acumulações de restos vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal ou muito mal drenados, ou em ambientes úmidos de altitude elevada.” (EMBRAPA, 1999, p. 97).

Gleissolos: são solos formados em “materiais originários estratificados ou não, sujeito a constante ou periódico excesso d’água. Desenvolve-se em sedimentos recentes nas proximidades de cursos d’água e em materiais colúvio-aluviais”. (EMBRAPA, 1999, p. 90).

## **METODOLOGIA**

A metodologia seguida nessa pesquisa foi através da releitura que Christofolletti (1980) fez da escola americana de geomorfologia, utilizando os pressupostos da análise quantitativa de bacias hidrográficas, para o estudo analítico de índices e parâmetros dos elementos componentes da rede de canais, utilizando a análise Linear, Areal e Hipsométrica.

Para efetuar a análise morfométrica foi necessário primeiramente levantar as informações referentes à rede de drenagem e posteriormente realizar a classificação através do método de Strahler (1952) citado por Christofolletti (1980) que propõem levantar o número de segmentos de canais por ordem hierárquica.

A hipsometria, calculada a partir da amplitude altimétrica de 175 m, possui seis classes de elevação cada uma com 30 metros. A altitude máxima encontrada na área da bacia é de 975 m e a mínima entorno de 800 m.

A elaboração de mapas foi realizada utilizando a imagem de satélite IKONOS com resolução espacial de 1m, do ano de 2004 da cidade de Ponta Grossa. Nas análises foi utilizado o software Arc View GIS, versão 3.2 do Laboratório de Geoprocessamento, do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Para a elaboração do mapa de localização do Arroio do Padre foram utilizados o software Auto Cad R12 , Corel Draw 10 .

A identificação das estruturas (falhas e diques) e unidades geológicas (Formação Ponta Grossa, Grupo Itararé, Formação Serra Geral e Sedimentos Quaternários) foi realizada com o auxílio do mapa geológico do espaço urbano de Ponta Grossa compilado por Medeiros (2000) e com emprego do software Spring 4.2. possibilitou a delimitação da área de estudo e a visualização da morfometria e os aspectos geológicos.

Para melhor compreensão serão demonstrados como foram obtidos os índices utilizados na análise morfométrica, através da aplicação das fórmulas propostas.

### **a) Relação de bifurcação - Rb**

$$Rb = N_w/N_{w-1}$$

Onde Rb é a relação de bifurcação,  $N_w$  é o número de segmentos de determinada ordem e  $N_{w+1}$ , número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Este parâmetro foi definido por Horton (1945) citado por Christofolletti (1980) como sendo a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos segmentos da ordem imediatamente superior. Adotando-se a Hierarquização Fluvial de Strahler, o resultado não poderá ser inferior a 2.0 (CHRISTOFOLETTI, 1980).

### **b) Relação Ponderada de Bifurcação-Rpb**

Este parâmetro foi definido com o objetivo de encontrar um índice de bifurcação mais representativo. Para Christofolletti (1980) este índice é obtido multiplicando-se o Rb de cada conjunto de duas ordens sucessivas pelo número total de canais envolvidos nessa relação. Após a multiplicação de todas as ordens da bacia estudada, divide-se a soma total dos

produtos obtidos pela soma total de canais encontrados na bacia. O valor médio encontrado é a relação ponderada de bifurcação.

**b) Relação entre o Comprimento Médio dos Canais de Cada Ordem-R<sub>lm</sub>**

$$R_{lm} = L_{m_w} / L_{m_{w-1}}$$

Onde R<sub>lm</sub> é a relação entre os comprimentos médios dos canais, L<sub>m<sub>w</sub></sub> é o comprimento médio dos canais de determinada ordem e L<sub>m<sub>w-1</sub></sub> é o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior. Horton, (1945) citado por Christofolletti (1980) através deste parâmetro expressou a lei com comprimentos médios dos canais.

**d) Comprimento do Rio Principal**

“Distância da foz até a nascente” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 111).

**e) Extensão do Percurso – Eps**

$$Eps = 1/2Dd$$

Onde, “Eps é a extensão do percurso superficial e Dd é a densidade de drenagem”.

**f) Gradiente dos Canais**

A relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do canal fluvial, indica a declividade do canal.

A gradiente dos canais é calculado

$$R_{gc} = G_{c_w} / G_{c_{w-1}}$$

Onde R<sub>gc</sub> é a relação dos gradientes dos canais, G<sub>c<sub>w</sub></sub> é a declividade média dos canais de determinada ordem e G<sub>c<sub>w+1</sub></sub> é a declividade média dos canais de ordem imediatamente superior.

**g) Índice de Sinuosidade – Sin**

Calcula-se a partir da razão entre o comprimento do rio principal e do seu eixo, utilizando a fórmula.

$$I_{sin} = L / L_t$$

Onde I<sub>sin</sub> é o índice de sinuosidade, L é o comprimento do rio principal e L<sub>t</sub> é o comprimento do eixo da bacia.

**h) Comprimento Médio dos Canais – L<sub>m</sub>**

È a relação entre a extensão total dos rios e o número total dos rios, calculadas a partir da fórmula

$$L_m = L_u / N_u$$

Onde L<sub>m</sub> é o comprimento médio dos rios, L<sub>u</sub> é a extensão total dos rios e, N<sub>u</sub> é o número total de rios.

**h) Área da Bacia – A**

A área da bacia refere-se a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, fornecida em m<sup>2</sup> ou km<sup>2</sup>.

**i) Forma da Bacia – F<sub>f</sub>**

A forma da bacia F<sub>f</sub> é a relação entre a largura média e o comprimento de bacia.

$$F_f = A / L^2$$

Onde:

F<sub>f</sub> é o fator forma

A é a área da bacia e

L é o comprimento do eixo.

**j) Densidade de Rios – Dr**

$$Dr = N/A$$

Onde Dr é a densidade dos rios, N é o número de nascentes e A é a área da bacia hidrográfica.

**l) Densidade de Drenagem – Dd**

Este parâmetro correlaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica, segundo a fórmula:

$$Dd = Lt/A$$

Onde Dd é a densidade de drenagem, Lt é o comprimento total dos canais e A é a área da bacia.

A Densidade da Drenagem representa o grau de dissecação topográfica onde a densidade de drenagem é baixa, a presença de rios é pequena, pois os solos são mais permeáveis, ocorrendo o predomínio da infiltração sobre o escoamento superficial; onde a densidade de drenagem é mais alta, há maior número de rios, pois os solos são mais impermeáveis, ocorrendo o predomínio do escoamento superficial sobre a infiltração.

**m) Coeficiente de Manutenção – Cm**

$$Cm = 1/Dd \times 1.000$$

Onde Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é a densidade de drenagem.

**n) Amplitude Altimétrica Máxima da Bacia – Hm**

A amplitude altimétrica máxima da bacia consiste na diferença entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico.

**o) Índice de Rugosidade – Ir**

$$Ir = H \times Dd$$

Onde Ir é o índice de rugosidade, H é a amplitude altimétrica e Dd é a densidade de drenagem.

**p) Textura da Topografia – Tt**

Este parâmetro representa, numericamente, o grau de entalhamento topográfico realizado pelos rios, sendo de importância fundamental no estudo da dissecação do relevo.

Calcula-se a partir de:

$$\text{Log } Tt = 0,219649 + 1,115 \log Dd$$

Onde Tt é a textura da topográfica e Dd é a densidade de drenagem.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Como aponta Canali e Fiori (1987) a análise das redes de drenagens é de fundamental importância para compreender um sistema ambiental, através dos dados da estruturação da rede de canais fluviais, resultantes da interação entre elementos de natureza geológica, climatológica, topográfica e biogeográfica. O estudo das bacias hidrográficas possibilita através da análise morfométrica um estudo quantitativo usando valores exatos de um conjunto de parâmetros para obter as principais características de uma área de estudo. A morfometria aplicada no estudo da bacia hidrográfica do Arroio do Padre vem apresentar três tipos de análises, baseando-se na literatura de (CHRISTOFOLETTI, 1980).

**A análise Linear** é representada pelos parâmetros de relação de bifurcação (Rb), relação ponderada de bifurcação (Rpb), relação entre o comprimento médio dos canais (RLm), comprimento do rio principal, extensão do curso superficial (Eps), gradiente dos canais, índice de sinuosidade (Sim) e comprimento médio dos canais (Lm) seus valores são representados na Tabela 1.

Com os pressupostos da hierarquia fluvial de Strahler foi criado por Christofolletti (1980) a

Relação de Bifurcação (Rb). Quanto mais a relação de bifurcação estiver próxima do valor (quatro) mais, a bacia está em equilíbrio, ou seja, há compensação entre a importação e exportação de energia é matéria do sistema de drenagem.

Tabela 1

Parâmetros lineares da bacia do arroio do Padre

PARÂMETRO	1º e 2º Ordem	2º e 3º Ordem	Bacia
Relação de bifurcação-Rb	3,6	5	
Relação ponderada de bifurcação-Rpb			4,7
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem-Rlm	1,22m	13,05m	
Comprimento rio principal			4096,68m
Extensão do percurso superficial-Eps			228m
Gradiente dos canais	2,10%	6,67%	
Índice de Sinuosidade-Sin			1,02
Comprimento médio dos Canais-Lm			346,9m

Os resultados encontrados na Rb para os segmentos de 1º e 2º ordem foi 3,6 e o Rb dos segmentos de 2º e 3º ordem foi 5,0, assim caracterizando um equilíbrio da rede de drenagem, pois se encontra dentro dos padrões encontrados na literatura.

$$Rb = \frac{18}{5} = 3,6 \qquad Rb = \frac{5}{1} = 5$$

Os valores encontrados estão relacionados ao controle litológico dos canais, os quais se confirmam por meio da Relação Ponderada de Bifurcação (Rpb) com valor 4,7.

Segundo a literatura (CANALI e FIORI, 1987) uma variação normal deve ser entre 3,0 e 5,0 estando, o arroio do Padre está dentro da média prevista. Índices mais elevados ocorrem onde predomina substratos rochosos com maior permeabilidade e de menor escoamento superficial.

$$Rpb = \frac{112,8}{24} = 4,7$$

Ao observar a relação entre os comprimentos médios de canais (Rlm) de cada ordem de 1,22m para 1º e 2º ordem e Rlm de 13,05 para 2º e 3º ordem, caracterizando que há um desequilíbrio na relação entre os comprimentos médios dos canais de primeira e demais ordens. Além disso, não há uma progressão geométrica direta no aumento dos comprimentos médios dos canais.

A extensão do percurso superficial indica a distância média percorrida pelo fluxo superficial desde o interflúvio até o canal permanente (CHRISTOFOLETTI, 1980). Sendo, no entanto uma das variáveis independentes mais importantes, tanto no que se refere ao desenvolvimento hidrológico quanto ao fisiográfico das bacias de drenagem.

O gradiente médio dos canais fluviais (Rgc) é um índice que reflete o comportamento do potencial erosivo e de transporte de sedimentos de uma bacia hidrografia (CANALI e FIORI, 1987). O grau de inclinação do arroio do Padre de 2,10% para rios de 1ª e 2ª ordem e maior para rios de 2ª e 3ª ordem, 6,67 %.

$$Rgc = \frac{0,21}{0,10} = 2,10 \% \qquad Rgc = \frac{0,10}{0,015} = 6,67 \%$$

Segundo Ferretti (1998) quando o resultado é menor que 1%, o gradiente é suave, a

velocidade da água é menor e a erosão hídrica é também menor devido à baixa inclinação do terreno. Quando o resultado é maior que 1% indica gradiente maior, em função da velocidade da água ser mais alta, pois a inclinação do relevo também é maior e, como consequência, a erosão hídrica é mais intensa.

O relevo da área de estudo encontra-se bastante dissecado, principalmente nas porções do alto e do médio curso do arroio do Padre favorecendo a existência de vales com formato de V. No seu baixo curso a topografia apresenta-se com terrenos suavemente ondulados (SCHERER, 2005).

O Índice de Sinuosidade segundo, Christofolletti (1980) é o parâmetro que indica se há predominância de transporte, sedimentação ou erosão. Na área de estudo caracterizou-se índice de sinuosidade de 1,02 indicando que o rio tende ser retilíneo.

$$ISin = \frac{409668m}{403022m} = 1,02$$

Valores superiores a 2,0 são indicativos de canais sinuosos, com grande capacidade de acúmulo de sedimento (JESUS, 2005). Como no Arroio do Padre, os valores são inferiores a 2,0, seria correto supor que predomina o transporte de sedimentos.

**A Análise Areal** é representada pelos seguintes parâmetros: área da bacia (A), forma da bacia (Ff), densidade dos rios (Dr), densidade de drenagem (Dd) e coeficiente de manutenção (Cm) seus valores são representados na Tabela 2.

Tabela 2

Parâmetro areal da bacia do arroio do Padre

PARÂMETRO	RESULTADOS
Área da Bacia-A	3,78 km <sup>2</sup> ou 378,65 há
Forma da Bacia-Ff	0,23
Densidade de Rios-Dr	4,76 rio/ km <sup>2</sup>
Densidade de Drenagem-Dd	2,19km km <sup>2</sup>
Coeficiente de Manutenção -Cm	0,000457 Km

Na Análise Areal o valor de 0,23 para a forma caracteriza uma bacia com formato alongado (CHRISTOFOLETTI, 1980). O índice da forma representa a relação existente entre o perímetro da bacia e a área que possui, sendo o índice  $k < 1,0$  (menor que um) corresponde a uma bacia alongada assim ocorrendo uma menor probabilidade de enchente. Se o valor for 1,0 a forma da bacia caracteriza um formato mais arredondada, assim possibilitando a maior ocorrência de enchentes, pois sua forma dará a maior probabilidade de absorção da precipitação em sua área.

$$Ff = \frac{3,78}{16,24} = 0,23$$

Quanto mais o valor encontrado afastar-se da unidade, mais diferente do círculo será a bacia. Em bacias com altos índices de circularidade a concentração do fluxo hídrico é mais rápida, portanto de maior energia erosiva (GARBOSSA, 2003).

A Densidade de Canais ou Densidade de Rios é a relação entre o número de rios de primeira ordem pela sua área (CHRISTOFOLETTI, 1980). Segundo este autor a densidade de rios permite analisar a capacidade que a bacia possui para gerar novos cursos d'água. Os dados da bacia do Arroio do Padre correspondem a 4,76 rio/km<sup>2</sup> compreendendo a uma bacia de baixa densidade de rio, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3

Densidade de rios

Densidade	Valor
Baixa	3,50 – 6,50
Média	6,60 – 9,50
Alta	9,60 – 12,50

Fonte: Canali e Fiori (1987).

A Densidade de Drenagem é representada pelo comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Segundo Christofolletti (1980), em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrogeológico das rochas repercute na densidade de drenagem. Nas rochas onde a infiltração é menor há condições melhores para o escoamento superficial, criando possibilidade para a esculturação de canais, tal como ocorre entre as rochas clásticas com granulação fina, e, como conseqüência, densidade de drenagem mais elevada. O inverso ocorre com as rochas de granulometria grossa, onde a densidade de drenagem é baixa, a presença de rios é menor, pois os solos são mais permeáveis, predominando a infiltração sobre o escoamento superficial.

$$Dr = \frac{18}{3,77} = 4,76 \text{ Km}^2$$

Quando a densidade de drenagem é alta, há maiores números de rios, pois os solos são pouco permeáveis, ocorrendo predomínio do escoamento superficial sobre a infiltração.

Este processo pode ser observado na bacia do Arroio do Padre uma vez que no setor A, a Dd é maior e o número de cursos d' água é também maior que o setor B.

Quanto maior a somatória do comprimento dos canais de drenagem, maior o número de rios e declividade do terreno. Quanto maior a declividade do terreno, maior a incidência a tendência de processos erosivos, maior o deflúvio superficial e menor a permeabilidade dos solos de textura fina. A densidade de drenagem tende à zero nas zonas áridas, de topografia plana e solos arenosos e a máxima nas áreas úmidas, montanhosas e de terrenos impermeáveis.

O valor encontrado para a bacia, 2,19 km/km<sup>2</sup> pode ser considerado como alta densidade de drenagem (BELTRAME, 1994).

Tabela 4

Classificação Densidade de Drenagem	
Classificação	Valores do DD Km/Km <sup>2</sup>
Baixa	< 0,5
Mediana	0,5 – 2,0
Alta	2,01 – 3,5
Muito Alta	> 3,5

Fonte: Adaptado de Beltrame (1994).

Foi observado no setor A da bacia, onde a declividade de 21%, que a Dd é maior e o número de cursos d' água é também maior em relação ao setor B com declividade de 15%. Quanto maior a somatória do comprimento dos canais de drenagem, maior o número de rios e declividade do terreno. Quanto maior a declividade do terreno, maior a incidência de processos erosivos, maior o deflúvio superficial e maior a impermeabilidade do solo.

O Coeficiente de Manutenção, segundo Schumm (1956) está representando uma medida de textura semelhante à densidade de drenagem tem a finalidade de fornecer a área mínima

necessária à manutenção de um metro de canal de escoamento permanente. Segundo César (1982) o valor de  $C_m$  da área da bacia determina o desenvolvimento da rede de drenagem, ampliando a densidade da drenagem e a densidade hidrográfica, fato que tenderia a diminuir o seu próprio valor ou reduzir a área relativa a cada canal. O coeficiente de manutenção relaciona-se inversamente aos valores de densidade de drenagem, podendo-se dizer que o valor numérico de  $C_m$  representa a área máxima disponível, existente em uma bacia para manter em funcionamento um metro de canal, sendo que o seu valor diminui com o aumento da densidade da drenagem. Na área da bacia do Arroio do Padre o valor é de 0,000457 km<sup>2</sup> sendo considerado baixo.

$$C_m = \frac{1}{2,19 \times 1000} = 0,000457 \text{ km}$$

Com relação à **Análise Hipsométrica** devem ser considerados os seguintes parâmetros: amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm), relação de relevo (Rr), índice de rugosidade (Ir) e textura topográfica (Tt) seus valores são representados na Tabela 5.

Tabela 5

Parâmetro hipsométrico da bacia do arroio do Padre.

PARÂMETRO	RESULTADOS
Amplitude Altimétrica Máxima da Bacia-Hm	175 m
Índice de Rugosidade-Ir	3,83m <sup>2</sup>
Textura da Topografia-Tt	3,97

O Índice de rugosidade (Ir), segundo Christofolletti (1980), indica a declividade e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, sendo que quanto maior é o valor da rugosidade mais íngreme são as vertentes. O comprimento das vertentes, contudo, pode variar de acordo com a combinação dos valores da densidade de drenagem (Dd) e da amplitude altimétrica (H). Ainda de acordo com o autor, as áreas potencialmente assoladas por cheias relâmpagos são previstas como possuidoras de índices elevados de rugosidade, incorporando fina textura de drenagem, com comprimento mínimo do escoamento superficial em vertentes íngremes e altos valores dos gradientes dos canais. O índice de rugosidade encontrado para o arroio do Padre foi de 3,83m<sup>2</sup>, ou 0,383Km<sup>2</sup> sendo considerado baixo.

$$IR = 0,175 \times 2,19$$

$$IR = 0,383 \text{ Km}^2$$

A textura da topografia representa numericamente o grau de entalhamento topográfico realizado pelos rios, sendo indicadora do estágio erosivo de uma determinada bacia:

$$\text{Log Tt} = 0,219649 + 1,115 \log 2,19$$

$$\text{Log Tt} = 3,97$$

Freitas citado por Garbossa (2003) classifica os índices de valores de drenagem abaixo de 4,0 como textura grosseira, entre 4,0 e 10,0 como textura média e acima de 10,0 como textura fina, sendo a textura da bacia do arroio do Padre, de 3,97 km, classificado como textura intermediária entre grosseira e média.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos parâmetros morfométricos da bacia do arroio do Padre permitiu observar que a bacia tem sua magnitude hierárquica correspondente a uma bacia de terceira ordem e apresenta-se com rede de drenagem em equilíbrio. A confirmação deste fato pode ser vista através da Relação Ponderada de Bifurcação, em que é classificada como normal, compondo um substrato de maior permeabilidade no Grupo Itararé com rochas mais permeáveis consequentemente sendo mais susceptíveis ao processo erosivo, sobretudo na margem direita do arroio onde se pode encontrar uma alta declividade.

As principais nascentes estão sobre a Formação Serra Geral, mais impermeável, em função dos diabásios, assim possibilita um caráter mais arborescente à rede de drenagem. Com relação ao Gradiente de Canais de toda a bacia, o potencial energético é mais elevado, em função da velocidade da água ser mais alta, pois a inclinação do relevo é maior e como consequência à erosão hídrica é mais intensa.

Através do índice de sinuosidade pode-se identificar que o rio tende a ser retilíneo ocasionalmente, pela presença de faturamento e falhas nos sentidos NW / SE e no curso principal, no sentido NE/ SW, mostrando o controle estrutural da drenagem.

A bacia de drenagem de forma alongada possui uma alta Densidade de Drenagem, juntamente com a presença de solos impermeáveis apresenta menor infiltração.

A relação de Densidade de Rio é considerada baixa quando o valor da densidade de drenagem é superior ao da Densidade de Rio, denotando um acelerado controle estrutural alongando os canais e elevando seu comprimento, tal como observado na bacia do arroio do Padre.

Com a análise de mapas e da morfometria pode-se constatar que a soleira existente na bacia do arroio sustenta a parte mais elevada nas cabeceiras, contendo um padrão de drenagem com dificuldades a permeabilidade na formação Serra Geral formando um 'selamento' e dificultando a circulação da água subterrânea. No restante da bacia, ocorre arenito permeável, apresentando um maior fluxo horizontal das águas, dificultando a formação de canais, possuindo um padrão de drenagem mais retilíneo.

## REFERÊNCIAS

- BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**. Florianópolis: UFSC, 1994.
- BERTALANFFY L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Tradução de Guimarães M.F. Petrópolis: Vozes, 1973. 351 p. (Coleção Teoria de Sistemas; v.2)
- CANALI, N. E; FIORI, C. O. Análise morfométrica da rede de drenagem da área do Parque Marumbi, Serra do Mar – Pr. In: III SIMPOSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1.,1987,Curitiba, PR. **Anais**. p. 21-40.
- CARVALHO, S. M. Setorização da Bacia Hidrográfica do Arroio do Padre, Ponta Grossa –Pr. SEMANA DE GEOGRAFIA XIII; JORNADA CIENTIFICA DE GEOGRAFIA VIII, 2006, UEPG. **Anais**. UEPG: CD, 2006. P.153-157.
- CESAR, A.L. Avaliação das Influências Litológicas e Topográficas na Classificação de Bacias Hidrográficas. **Revista de Geografia**, São Paulo, v.1, p. 77-88, 1982.
- CHISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- DIEDRICHS, L. A. Análise das Propriedades Físicas de Bacias Hidrográficas: arroio olarias Ponta Grossa – PR. **RA'EGA**, Curitiba, n. 6, p.195-215, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA(EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999.
- FERRETTI, E. R. **Bases geológicas para a caracterização morfométrica da bacia do rio Marrecas – sudoeste do Paraná**. 1998. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- GARBOSSA, R. A. **O controle litoestrutural na organização espacial da bacia do rio Tagacaba (Paraná): uma análise morfométrica da rede de drenagem**. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- GODOY, L. C. **Levantamento das potencialidades minerais do município de Ponta Grossa**. Ponta Grossa: Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, 1991.
- JESUS, M. R. G. Análise Morfometrica da Bacia do Rio do Cambuí-Pr. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA XI, 2005, São Paulo **Anais**.USP, 2005. p. 137-142.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Secretaria da Cultura e Esporte do Governo do Paraná, 1981.

- MEDEIROS, C. V. **Processos erosivos no espaço urbano de Ponta Grossa - Pr.** Ponta Grossa: UEPG, 2000. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso.
- MELO M. S.(Coord.). **Caracterização do Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná.** Local UEPG, 2003. Relatório de Pesquisa.
- MELO, M. S; CLAUDINOSALES, V ; PEULVAST, J; SAADI, A ; MELLO, C. L. Processos e Produtos Morfogênicos continentais. In: Souza C.R.G; Suguio K; Oliveira A.M.S; Oliveiram P.E. **Quaternário do Brasil.** São Paulo: ABEQUA HOLOS, 2005. p. 258-275.
- MELO, M. S; MEDEIROS, C. V; GIANNINI P. C. F. ; GARCIA, M. J ; PESSENDA, L. C. R. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. **Sedimentos Quaternários do Brasil,** São Paulo, v. 22, n.1 p. 33-42, 2003.
- MELO, M. S.; GODOY, L. C. Geologia, geomorfologia e riscos geológicos na bacia do arroio Olarias. **Publicatio UEPG,** Ponta Grossa, v. 3, n. 1, p. 33-59, 1997.
- MORO, R. S. **Interpretações paleoecológicas do Quaternário através da análise de Diatomáceas (Bacillariophyta) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa – PR.** Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista de Rio Claro, Rio Claro, 1998.
- NÚCLEO DE ESTUDOS EM MEIO AMBIENTE (NUCLEAM). **Relatório de geologia e geomorfologia do Parque Estadual Vila Velha.** Ponta Grossa, 2002.
- SCHERER, T. W. **A relação entre o processo de urbanização e a degradação ambiental na bacia hidrográfica do arroio do Padre, Ponta Grossa - Pr.** Universidade Estadual de Ponta Grossa 2005. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin,** n. 67, p. 597-646, 1956.
- SOUZA, M. L.P. **Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B Latossólico ocorrentes no município de Ponta Grossa-Pr.** 1975. 23 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1975.
- TAKEDA, I .J.M; MORO R.S; KACZMARECH, R. Análise florística de um enclave de Cerrado no Parque do Quartelá Tibagi Paraná. **Publicatio UEPG,** v. 2, n.1, p.21-31, 1996.
- TROPMAIR, H. Geossistemas: enfoque de integração. **Revista de Estudos Ambientais,** Blumenau, v. 2, n. 2-3, p. 30-40, mai./dez. 2000.