

# APOIO CARTOGRÁFICO A ESTUDOS HIDROLÓGICOS UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

*Daniel Medeiros Moreira<sup>1</sup>, Ligia Maria N. de Araújo<sup>2</sup> & Ivete Souza de Almeida<sup>3</sup>*

**RESUMO** --- Este artigo apresenta os mapas temáticos digitais e os cálculos das características físicas da bacia do Rio Piabanha produzidos no âmbito do Projeto de pesquisa EIBEX-I - “Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro – financiado pelo MCT-FINEP-CT-HIDRO. São destacadas a importância do uso de um sistema de informação geográfica e de uma base cartográfica digital confiável com a qual é possível gerar modelos numéricos digitais do terreno e calcular diversos parâmetros físicos de maneira rápida e repetidas vezes se necessário, como forma a auxiliar na seleção e caracterização de bacias experimentais e de suas sub-bacias aninhadas para a locação dos equipamentos da rede hidrometeorológica proposta para a região em estudo.

**ABSTRACT** --- This paper presents the digital thematic maps and the calculations of river basin physical characteristics figures carried out as part of the research project EIBEX-I – Integrated Studies on Experimental Basins – Hydrologic Parameterization towards Water Resources Management in Rio de Janeiro Mountainous Region –, supported by MCT-FINEP-CT-HIDRO. The importance of using a geographical information system and reliable digital cartographic database with which it is possible to generate digital numeric terrain model and calculate a variety of figures representing physical parameters in a rapid way and as many times as necessary, as a means of helping the selection and characterization of the experimental basins and its nested sub-basins in order to adequately locate the hydrometric network equipments proposed for the studied region.

**Palavras-chave:** geoprocessamento, modelo digital de terreno MDT, hidrologia física

---

<sup>1</sup> Engenheiro Cartógrafo – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [daniemm@rj.cprm.gov.br](mailto:daniemm@rj.cprm.gov.br)

<sup>2</sup> Engenheira Hidróloga – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [ligiamna@rj.cprm.gov.br](mailto:ligiamna@rj.cprm.gov.br)

<sup>3</sup> Técnica de Hidrologia – Serviço Geológico do Brasil, Av. Pasteur 404, 22290-240, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: [isa@rj.cprm.gov.br](mailto:isa@rj.cprm.gov.br)

# 1 - INTRODUÇÃO

O geoprocessamento e suas aplicações como os sistemas de informações geográficos (SIG) constituem uma ferramenta poderosa, ao lidar com o espaço geográfico e suas interações. O uso do SIG com dados obtidos por base cartográfica confiável permitem, com eficiência, precisão e rapidez, elaborar uma série de produtos os quais subsidiam a caracterização física de bacias hidrográficas, o cálculo da disponibilidade hídrica e a previsão de eventos hidrológicos. Nesse artigo serão abordadas técnicas de trabalho sobre cartas topográficas vetoriais digitais, obtidas no IBGE e posteriormente ajustadas com uso das ferramentas do SIG, para obtenção de produtos básicos como delimitação e localização da bacia hidrográfica. Com aplicativos computacionais específicos foram extraídas informações morfométricas, fundamentais na análise do relevo da bacia, tais como: declividade, aspecto, hipsometria, curvatura, direção e sentido de fluxo, perfil topográfico, hierarquia de drenagem, densidade de drenagem, entre tantas outras possibilidades derivadas ou não das citadas.

As etapas apresentadas a seguir fazem parte do projeto EIBEX-I - “Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro” –, em execução pela COPPE-UFRJ, em parceria com a UERJ a CPRM e a SERLA e financiamento MCT/FINEP/CTHIDRO. O EIBEX é um projeto de pesquisa que tem o Prof. Flávio C. B. Mascarenhas (COPPE-UFRJ) como coordenador geral, a engenheira hidróloga Lígia M<sup>a</sup> N. de Araujo como coordenadora pela CPRM e o Prof. Jorge Luís Nunes e Silva Brito como coordenador pela UERJ. O projeto visa à atualização do conhecimento científico e tecnológico nos aspectos físicos, químicos e qualitativos dos processos hidrológicos em bacias hidrográficas no bioma Mata Atlântica.

## 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado para a bacia do rio Piabanha que é afluente pela margem direita do rio Paraíba do Sul. A sua bacia hidrográfica ocupa uma área de aproximadamente 2.071 km<sup>2</sup>, estando situada entre as coordenadas 22° 06' S e 22° 33' S e 43° 23' W e 42° e 41' W, com sua maior porção inserida na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro envolvendo parte dos municípios de Areal, Petrópolis, Paty dos Alferes, Paraíba do Sul, Três Rios, São José do Vale do Rio Preto e a totalidade do município de Teresópolis.

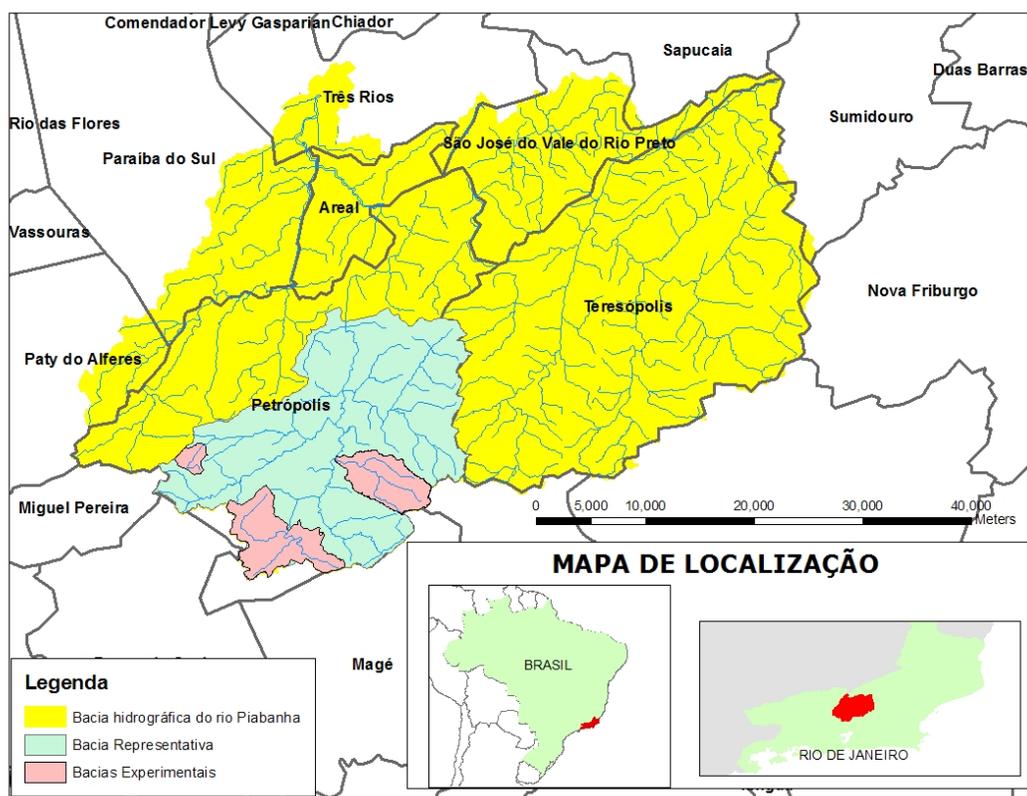


Figura 1-Localização da bacia hidrográfica do rio Piabanha , Representativa e Experimentais

Foram levantados os dados cartográficos existentes na região da bacia do rio Piabanha, verificou-se que a melhor escala cartográfica existente para atender por completo toda a região da bacia do rio Piabanha seria a de escala 1:50.000. Para algumas regiões chega-se ao detalhe de 1:10.000 e 1:2.000. Para o objetivo inicial de caracterizar a bacia como um todo para a locação dos experimentos, a escala de 1:50.000 atendeu perfeitamente. Foram assim obtidas no sitio do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)) as nove folhas em formato vetorial que compreendem a totalidade da bacia do Rio Piabanha.

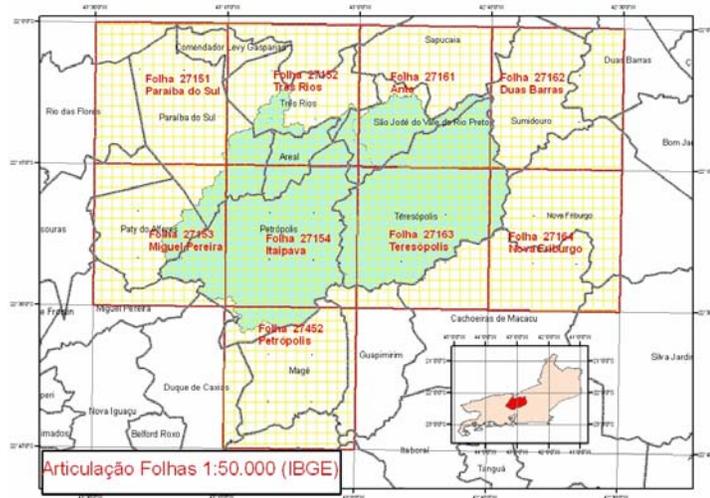


Figura 2 – Articulação das folhas 1:50.000 nas bacia do rio Piabanha

## 2.1 -Base Cartográfica

Para prover o suporte cartográfico foram utilizados os aplicativos da família ArcGis desenvolvidos pela empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI), que é um dos Sistemas de Informação Geográfica mais utilizados no mundo. Foi escolhido pelos integrantes do projeto EIBEX pela familiaridade e conhecimento já existentes em relação ao produto e por sua capacidade de calcular todas as variáveis desejadas.

Para análise das características físicas foram utilizados os temas de altimetria curvas de nível e pontos cotados e o tema hidrografia, os dados vetoriais disponibilizados do IBGE encontravam-se em outro formato e foram convertidos para o formato shapefile do Argis. Após a conversão os dados ainda não estavam preparados para análise no Sistema de Informação Geográfica, sendo necessária uma etapa preliminar de validação e correção dos dados. Foi feitos procedimentos de “mosaicagem” e edição dos contatos entre as nove folhas dos temas a serem trabalhados e correções de topologia dos dados como nós falsos entre linhas, linhas descontínuas, linhas sobrepostas, buracos em polígonos, e polígonos sobrepostos. No caso da drenagem as linhas foram ajustadas para que sua orientação coincidisse com sentido do escoamento de montante para jusante, para assim resultar em fluxo correto e auxiliar na construção do MDE. Também para a geração do MDE, e outros parâmetros morfométricos, a representação de rios em margem dupla e reservatórios tiveram que ser excluídas, produzindo-se para seu lugar uma linha passando pelo centro geométrico dos corpos d’água, afim de garantir que todos os parâmetros fossem calculados da forma correta.

Após concluídos os procedimentos espaciais de ajuste da base cartográfica, teve início a edição dos atributos alfanuméricos dos temas. As informações textuais sobre os arquivos originais foram fornecidos também pelo IBGE. Foi feita uma seleção dos atributos de interesse para carga nas tabelas de seus respectivos temas. Todo esse procedimento apesar de muito demorado, tem enorme importância, para possibilitar futuras consultas, cálculos e outros procedimentos realizados dentro de um Sistema de Informação Geográfica.

## **2.2-Geração do Modelo Digital de Elevação**

O modelo digital de elevação (MDE) foi feito a partir de duas principais fontes de dados, as curvas de nível e os pontos cotados. Neste trabalho enfoca-se a utilização desses dados obtidos das nove folhas topográficas que compõem a bacia do Rio Piabanha. Ainda para a construção dessa grade regular, utilizaram-se os dados relativos às feições vetoriais da drenagem e uma feição poligonal de limite de interpolação, no caso a bacia hidrográfica do rio Piabanha. Para a construção do modelo foi usada a extensão 3d Analyst do aplicativo Arc/Info, adotando-se o método de interpolação “Topogrid”, especificamente desenhado para criar modelos digitais de elevação hidrológicamente consistentes - MDEHC, no qual a interpolação é capaz de utilizar os tipos mais comuns e disponíveis de dados de entrada. O Topogrid possui uma técnica iterativa de diferenças finitas de interpolação que foi otimizada para ter a eficiência computacional dos métodos de interpolação local tais como, o “inverso do quadrado da distância”, sem perder a continuidade da superfície de interpolações globais como a garantida pela krigagem (ESRI, 2004). Impondo-se restrições na interpolação resulta uma estrutura de drenagem conectada e a correta representação dos cumes e dos canais de drenagem.

O tamanho da célula do MDE também deve ser compatível com sua escala de origem, existem vários métodos para determinar esse tamanho de célula, uma delas é usar a raiz quadrada da declividade média de prováveis tamanhos (Hutchinson,1996) e também a análise conjunta dos contornos gerados pelos modelos em diversos tamanhos e a comparação com os tamanhos originais.

## **2.3-Cálculo das características físicas**

O cálculo das características físicas de uma bacia são elementos de grande importância para o estudo do comportamento hidrológico. Todo o processo dos elementos do ciclo hidrológico, ao longo de bacias, está fundamentalmente baseado na topografia. Estabelecer relações e comparações entre locais com características hidrológicas conhecidas e locais de interesse nos quais faltem dados é uma possibilidade de se ter informação hidrológica em locais não monitorados. Pode-se dizer que estes

elementos fisiográficos constituem a mais conveniente possibilidade de se conhecer a variação no espaço dos elementos do regime hidrológico (Villela e Mattos, 1975).

Essas características no passado eram calculadas ou determinadas manualmente com instrumentos analógicos, em processos extremamente demorados se comparados às possibilidades atuais, com as ferramentas de geoprocessamento e bases cartográficas ajustadas podem ser obtidos de maneira muito mais direta e simplificada. Também a partir do Modelo Digital de Elevação podem ser obtidos diversos mapas os quais podem ajudar na caracterização física de bacias dentre eles se destacam (MENDES,2001):

**Declividade:** As cartas de declividade têm sido consideradas como um documento básico para os planejadores regionais, com múltiplas utilizações também nos estudos hidrológicos, além de apresentar a visualização da declividade das vertentes e melhor realçar as áreas com declividades homogêneas. As velocidades do escoamento superficial e sub-superficial em uma bacia hidrográfica são condicionadas pela declividade do terreno. Assim, a declividade em uma bacia hidrográfica controla o tempo de concentração, que é o tempo decorrido após o início da chuva para que todos os pontos da bacia estejam contribuindo para o seu exutório.

**Aspecto e sentido do escoamento superficial:** O aspecto, ou direção e sentido da declividade, ou ainda orientação de vertentes, é um dos atributos topográficos mais utilizados, pois exerce influência sobre o fluxo da água e é importante para estudos de erosão, sombreamento, energia solar recebida, reflectância da superfície, temperatura, etc. Já o mapa de sentido do escoamento superficial é uma representação do fluxo das águas ele é obtido a partir do MDE livre de depressões espúrias.

**Curvatura:** O perfil e o plano de curvatura, analisados em conjunto, podem auxiliar na identificação de unidades homogêneas do relevo, nos estudos de erosão, na identificação de processos de migração e acúmulo de água, de minerais e de matéria orgânica na superfície do solo, proporcionados pela gravidade, influenciando a evapotranspiração e o decorrente balanço hídrico.

## 4 - RESULTADOS

### 4.1 Modelo Digital de Elevação

Baseado nesses métodos foi escolhido o tamanho de célula de 20 metros mais compatível com a escala de 1:50.000. A Tabela 1 e a Figura 3 a seguir apresentam a distribuição do tema na região da bacia do rio Piabanha.

Tabela 1- Hipsometria da bacia

Cotas	Celulas	Porcentagem	Porcentagem Acumulada
400	95054	1,84	1,84
600	436041	8,46	10,31
800	985485	19,13	29,44
1000	1848267	35,87	65,31
1200	1021965	19,84	85,14
1400	398974	7,74	92,89
1600	212299	4,12	97,01
1800	97726	1,90	98,90
2000	44151	0,86	99,76
2200	11672	0,23	99,99
2400	604	0,01	100,00
TOTAL	5152238	100,00	

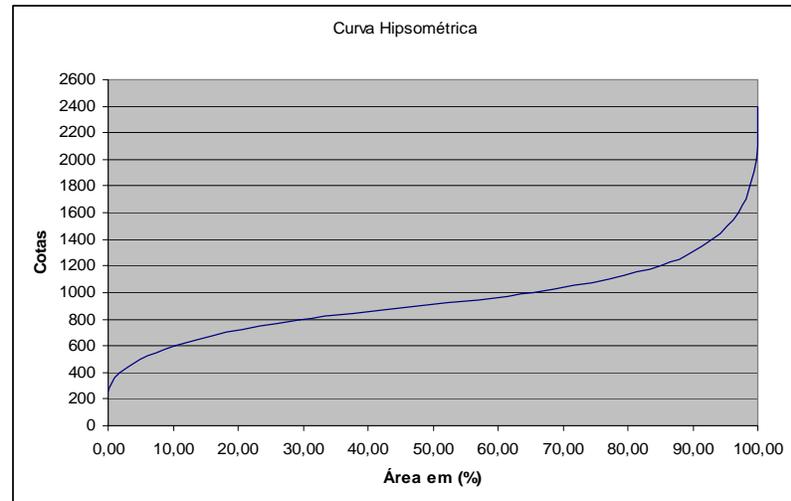


Figura 3 – Curva hipsométrica da bacia do Piabanha

Por se tratar de uma estrutura matricial de valores contínuos é possível classificar o MDE em cores, para uma melhor visualização, segundo classes de intervalo definido de 200 metros formando assim o Mapa Hipsométrico apresentado na Figura 4.

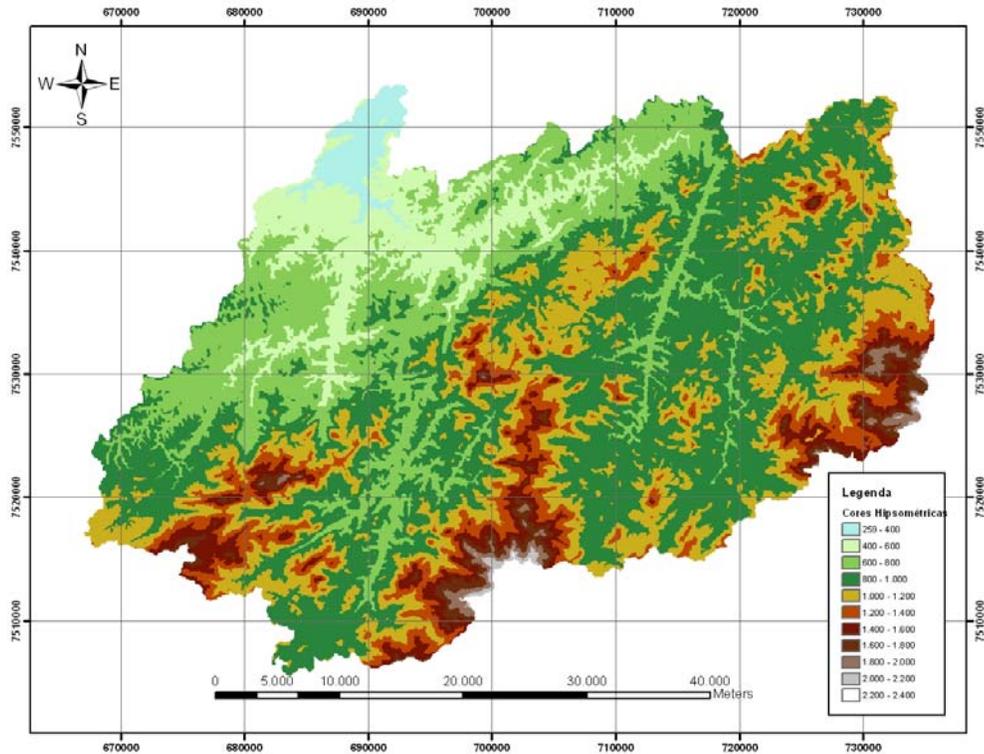


Figura 4 - Modelo Digital de Elevação(MDE) da bacia do rio Piabanha

### Declividade

As Figuras 5 e 6 representam o tema declividade em porcentagem. Por se tratar de um modelo numérico de terreno com estrutura matricial, para uma melhor visualização, a declividade foi classificada segundo sugere a Embrapa ou seja em faixas de 0 a 3%, de >3 a 8%, de >8 a 20%, >20 a 45%, >45 a 75% e >75%, sendo respectivamente consideradas as fases de relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Classes de relevo da bacia do Piabanha

Classe	Declividade (%)	Celulas	Porcentagem	Porc.Acumulada
Relevo plano	0 a 3	86524	1,68	1,68
Relevo suave ondulado	3 a 8	232052	4,50	6,18
Relevo ondulado	8 a 20	730073	14,17	20,35
Relevo forte ondulado	20 a 45	1794730	34,83	55,19
Relevo montanhoso	45 a 75	2028772	39,38	94,56
Relevo f. montanhoso	> que 75	280087	5,44	100,00
Total		5152238	100,00	

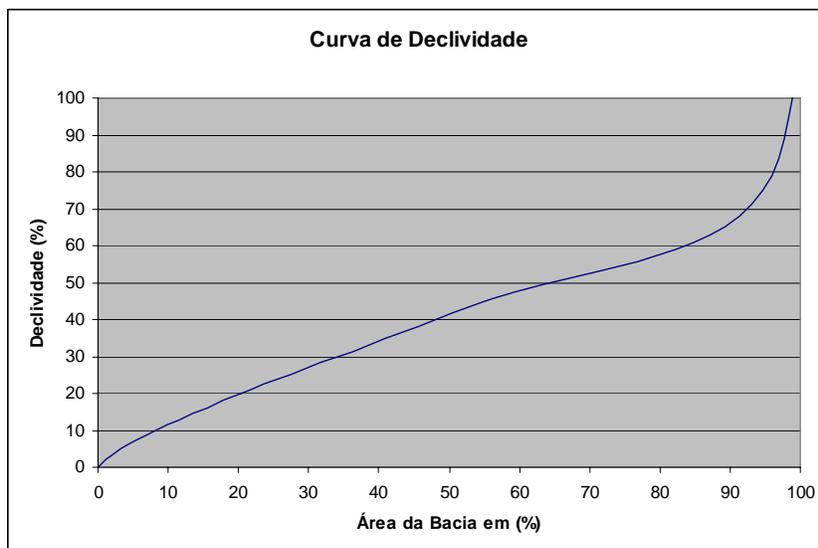


Figura 5 – Permanência de declividades

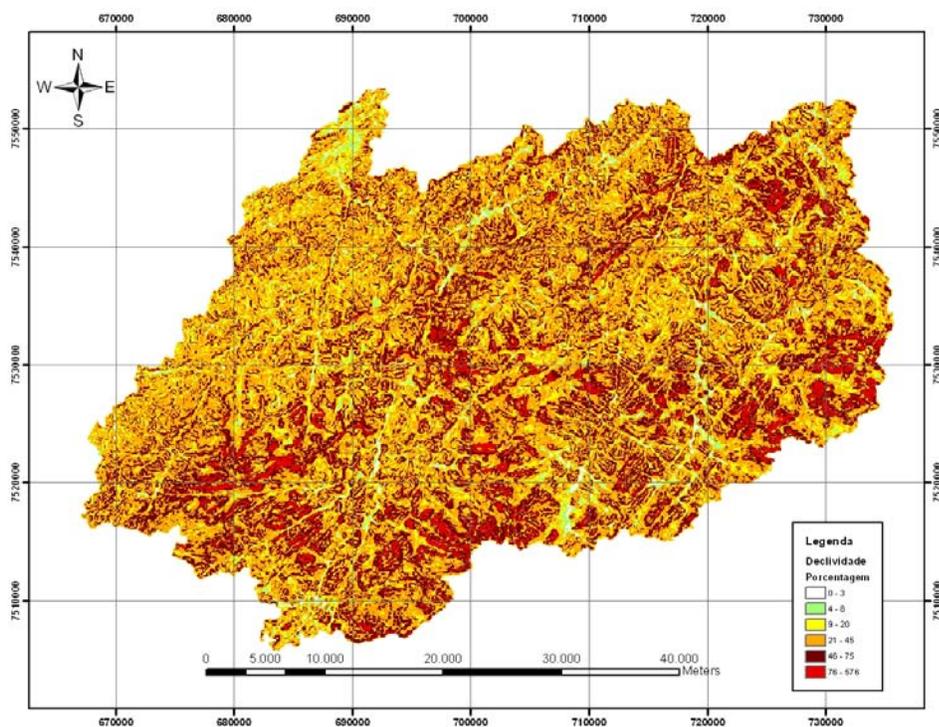


Figura 6 – Mapa de declividades da bacia do rio Piabanha

## Mapa de Aspecto

Trata-se de um modelo numérico de terreno com valores contínuos de 0 a 360, que representa a direção da declividade e pode ser observado no mapa anterior. Analisando-se a Tabela 3 e a Figura 7 abaixo, pode-se verificar que existe uma leve preferência nas vertentes orientadas a norte, mas por ser uma pequena diferença pode-se dizer que praticamente não existe direção preferencial das faces das vertentes. Nota-se que aquelas células cujo valor da declividade é zero são assinaladas neste tema com o valor -1, pois não se consegue definir a direção de sua declividade.

Tabela 3 – Classes de relevo da bacia do Piabanha

Orientação	Células	Porcentagem(%)
Plano	30	0,01
Norte	760113	14,75
Nordeste	654187	12,70
Leste	562773	10,92
Sudeste	609233	11,82
Sul	560474	10,88
Sudoeste	587664	11,41
Oeste	630254	12,23
Noroeste	787510	15,27
TOTAL	5152238	100,00

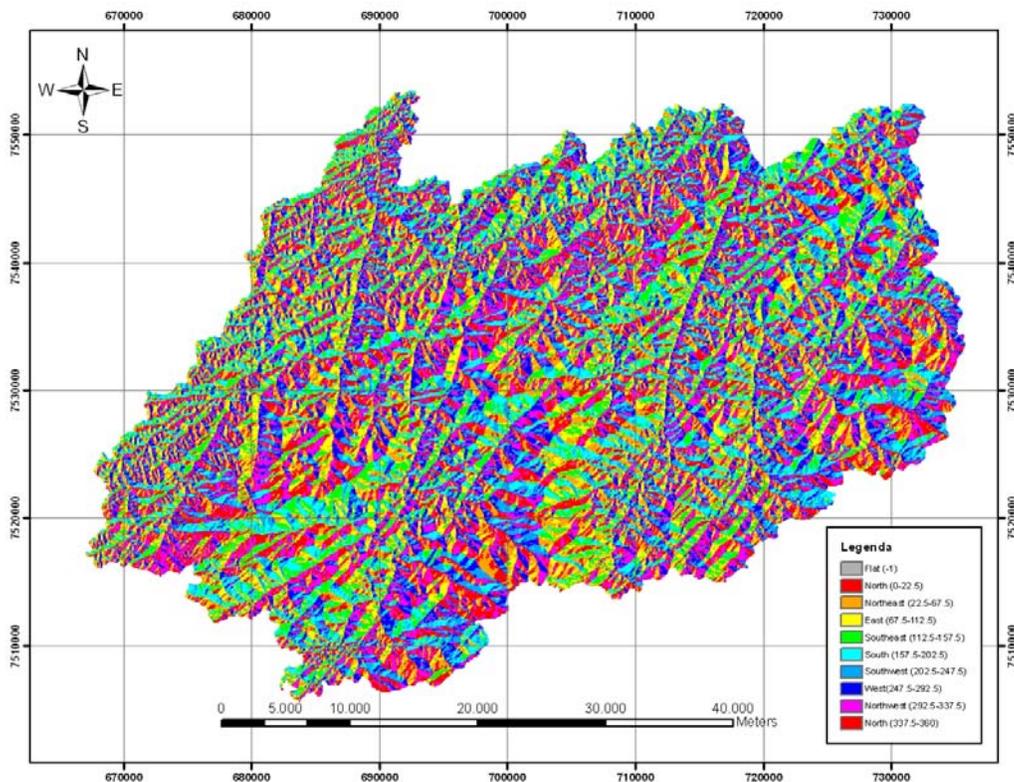


Figura 7- Mapa de aspecto da bacia do rio Piabanha

## Sentido do escoamento superficial

O escoamento superficial é bem parecido com o tema aspecto, mas difere ao ser gerado a partir do modelo numérico livre de depressões espúrias e sempre ter uma direção preferencial do escoamento. Observa-se que o sentido de escoamento N (norte) é o que possui maior área associada. Em seguida, os sentidos NO (noroeste), O (oeste) e NE (nordeste) aparecem como os de maior área, em ordem decrescente. Os sentidos de escoamento S (sul), SE (sudeste), E (Leste) e SO (sudoeste) são os que possuem menor área percentualmente em relação a toda a área de trabalho (Tabela 4 e Figura 8).

Tabela 4 – Sentido do escoamento

VALUE	Celulas	Porcentagem(%)
Leste	583534	11,33
Sudeste	585088	11,36
Sul	600421	11,65
Sudoeste	575651	11,17
Oeste	659348	12,80
Noroeste	737667	14,32
Norte	776094	15,06
Nordeste	634435	12,31
Total	5152238	100,00

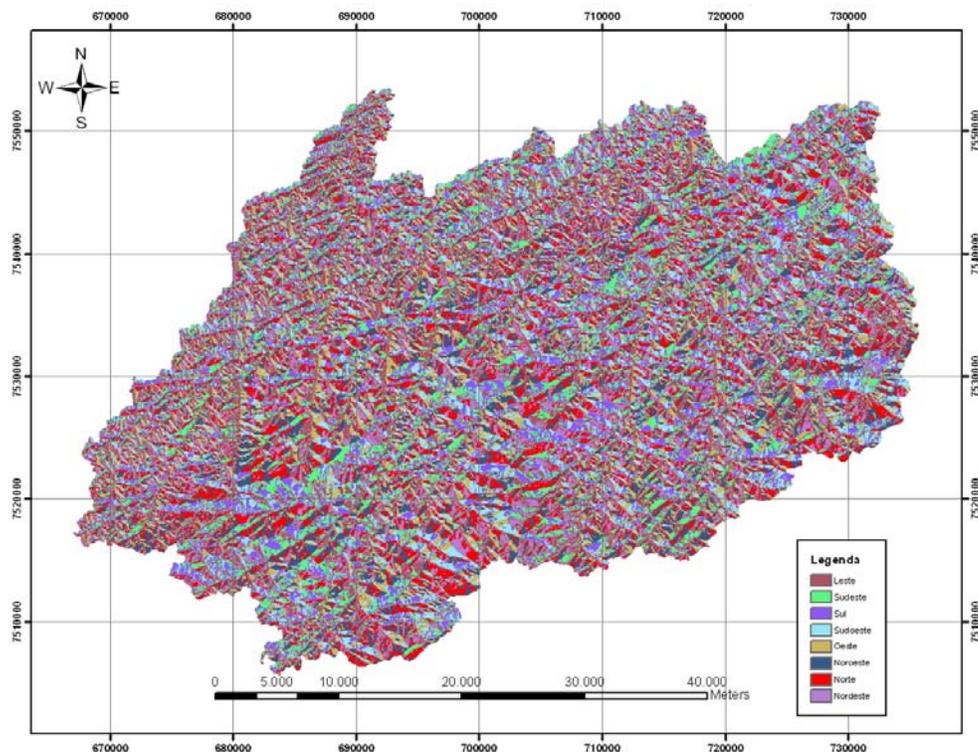


Figura 8 – Mapa do sentido do escoamento superficial

## Curvatura

O tema curvatura gerado a partir do modelo digital de elevações (MDE) foi classificado em regiões côncavas e convexas. De maneira geral, para toda a área de trabalho indicam uma predominância de formas de relevo côncavo (valores negativos) sobre o convexo (valores positivos). As regiões côncavas coincidem com as linhas de drenagem (regiões convergentes) quanto às convexas indicam os divisores topográficos (regiões divergentes). Como o relevo da área de estudo é muito acidentado, foram encontrados valores entre (-4 e 4) neste intervalo valores muito baixos podem indicar riscos de inundação ou soterramento enquanto os valores altos podem indicar riscos de deslizamentos. O mapa da Figura 9 apresenta o resultado da classificação.

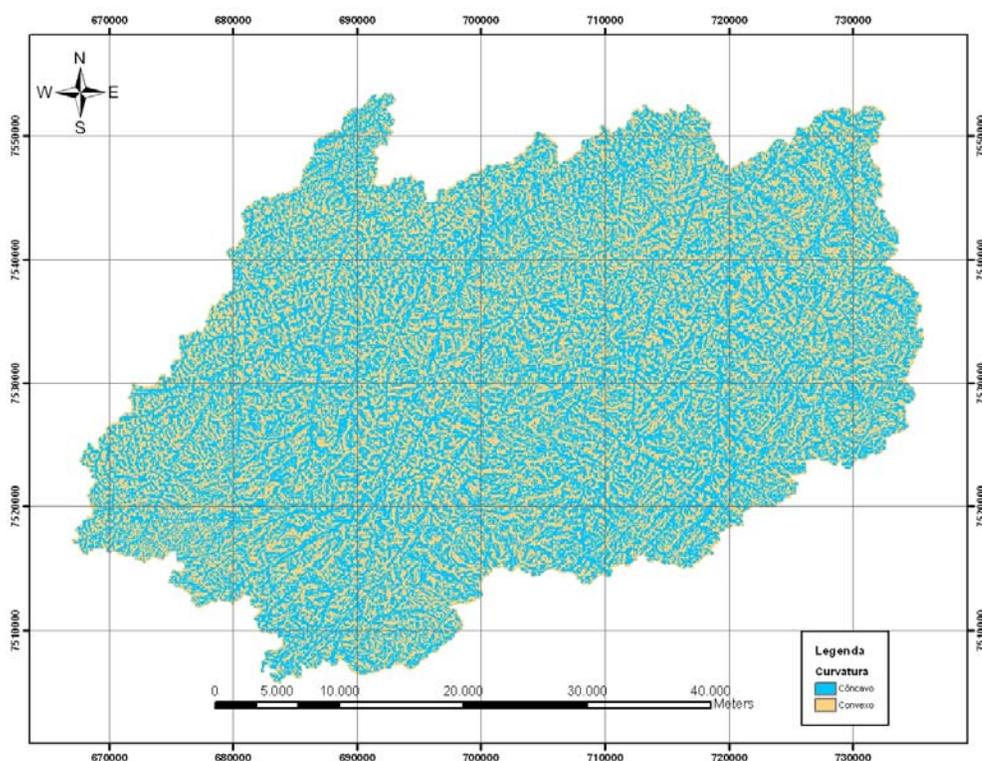


Figura 9- Mapa de curvatura da bacia do rio Piabanha

### 4.2 Mapas de Precipitações (Isoietas Totais Anuais) Tipo de Solos e Uso e Cobertura

Esses mapas foram gerados a partir do recorte dos dados do Projeto Rio de Janeiro (CPRM, 2001) executado pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil em parceria com diversas entidades públicas federais e estaduais e as principais Universidades do Estado, destacando-se a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a SERLA – Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas e outras instituições. A utilização desses mapas ajudou a compreender melhor a região

da bacia do rio Piabanha a perceber a necessidade de construção dos temas em escalas de maior detalhe para algumas regiões da bacia e foram úteis no planejamento e concepção da rede de monitoramento das bacias experimentais e representativas.

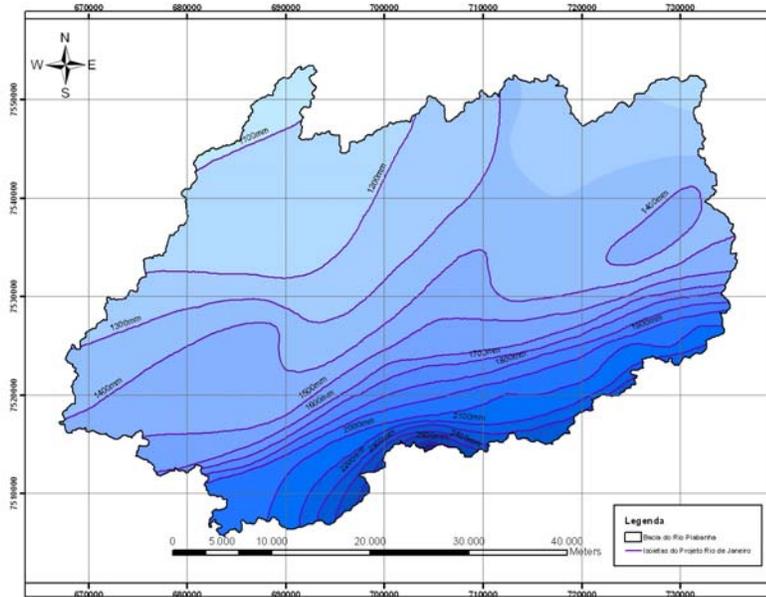


Figura 8 – Recorte do Mapa de Isoietas do projeto Rio de Janeiro para a bacia do rio Piabanha

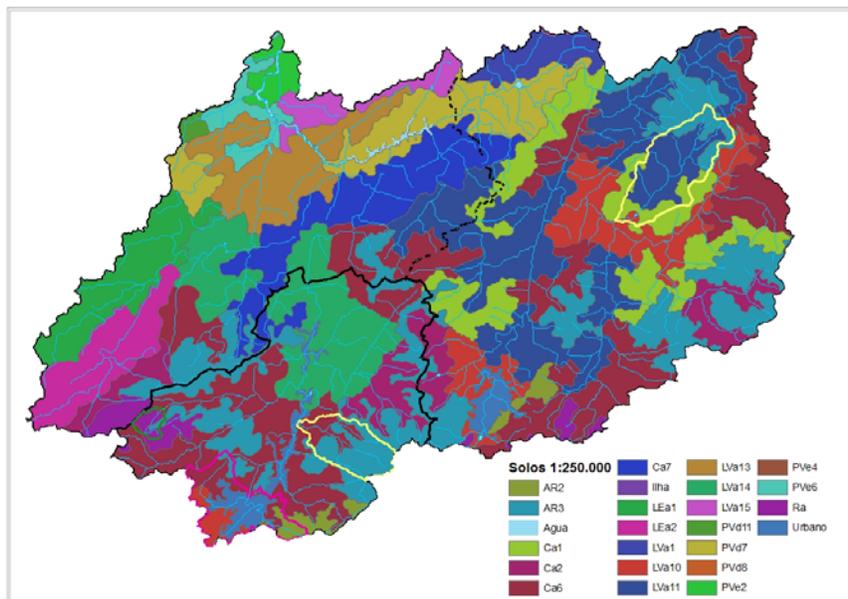


Figura 9 – Recorte do Mapa de Solos do projeto Rio de Janeiro para a bacia do rio Piabanha

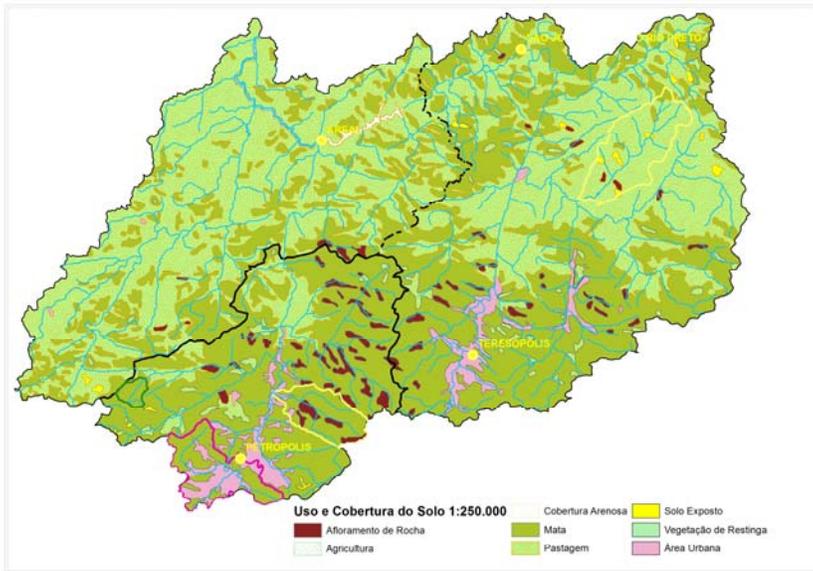


Figura 10 – Recorte do Mapa de Uso e Cobertura do projeto Rio de Janeiro para a bacia do rio Piabanha

#### 4.3 Curva Numero (CN)

Com o uso do geoprocessamento foram mesclados o tema uso e cobertura do solo e tipo de solos e assim obtidos valores para classificação das chamadas curvas numero conforme Tucci (1993). Os valores foram obtidos aproximando-se a composição e o grau de permeabilidade dos solos da bacia à classificação existente, o resultado está apresentado no mapa da Figura 11.

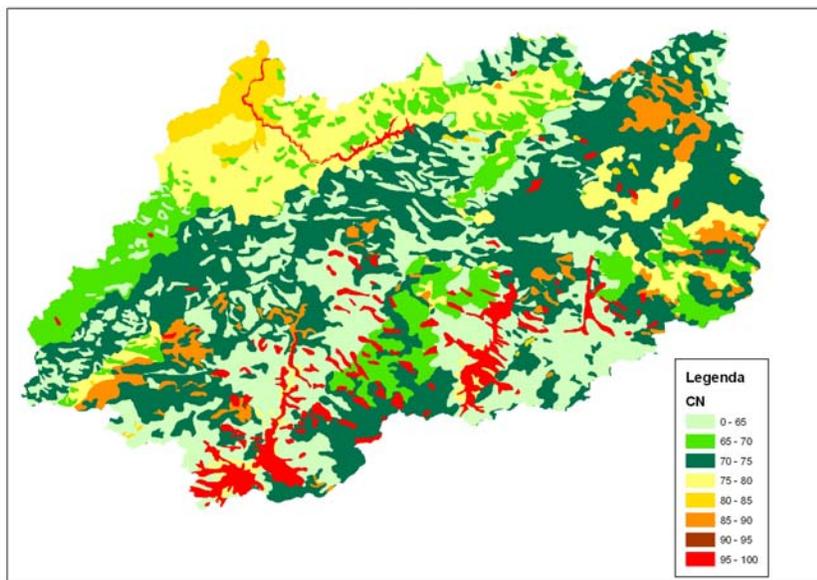


Figura 11 – Valores do curva numero(CN) para a bacia do rio Piabanha

## Delimitação da bacia do Piabanha e sub-bacias

As bacias experimentais tiveram suas áreas limitadas de forma a adequar a disponibilidade de recursos do projeto à necessidade de se estudar as variáveis hidrológicas em variadas escalas. Sendo assim, durante as visitas feitas na região da bacia do rio Piabanha foram cadastrados os possíveis pontos exutórios das bacias experimentais. Em seguida foram calculadas as suas áreas e vendo a questão de facilidade de acesso, equipamentos existentes e salientando-se a proximidade do município de Petrópolis que é a base de operações no campo. A partir dos dados obtidos nas etapas anteriores, foram delimitadas usando a extensão ArcHydro (Maidment, 2002) a bacia real do rio Piabanha e suas sub-bacias: bacia representativa de Pedro do Rio e experimentais do rio Piabanha em Petrópolis (Urbana), rio Bonfim ( Rural) e rio Araras (Preservada), ilustradas nas figuras a seguir.

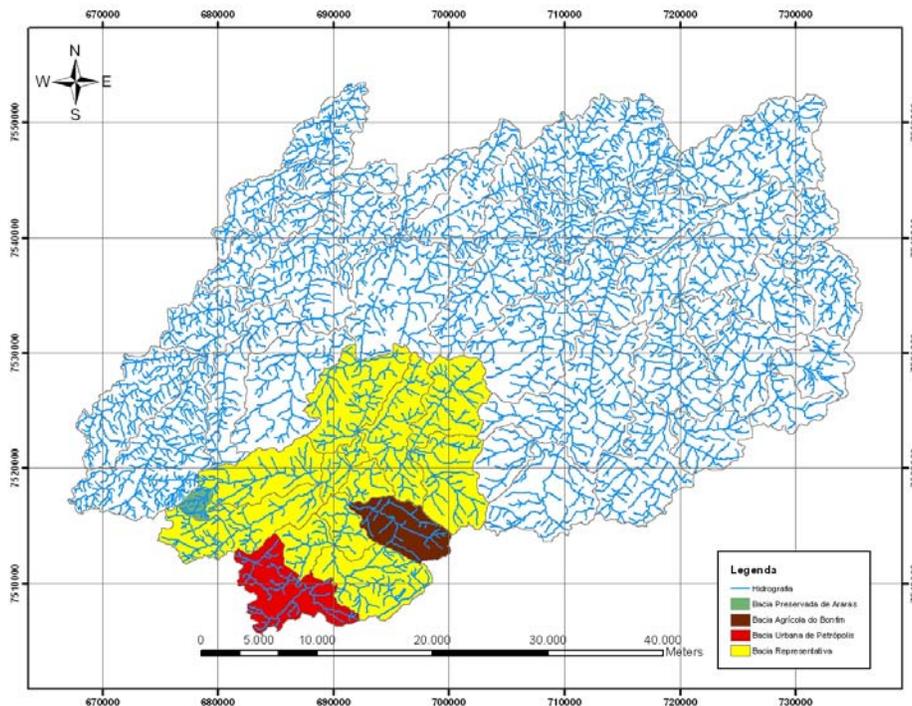


Figura 12- Delimitação das bacias objeto de estudo.

### Cálculo das características físicas da Bacia Representativa e Experimentais:

Com os dados vetoriais já ajustados e o modelo digital de terreno foram calculadas no ArcGis as características físicas das bacias na área de estudo na região da bacia do rio Piabanha, apresentadas. Nas Tabelas 5 e 6 e Figuras 13 a 16 a seguir.

Tabela 5 - Resumo das Características Físicas da Bacia Representativa

Descrição	Característica
NOME DA BACIA	Pedro do Rio
ORDEM DA BACIA (Strahler )	6
AREA ( km <sup>2</sup> )	431,000
PERIMETRO (km)	112,000
COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL (km)	38,500
COMPRIMENTO DAS DRENAGENS (km)	592,835
DENSIDADE DE DRENAGEM (km/km <sup>2</sup> )	1,440
EXTENSAO MEDIA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (km)	2,669
COEFICIENTE DE COMPACIDADE	1,546
FATOR DE FORMA	0,277
MAIOR ALTITUDE (m)	2.260
MENOR ALTITUDE (m)	637
ALTITUDE MEDIANA (m)	1.090
DECLIVIDADE MÉDIA DO CURSO PRINCIPAL (m/m)	0,108

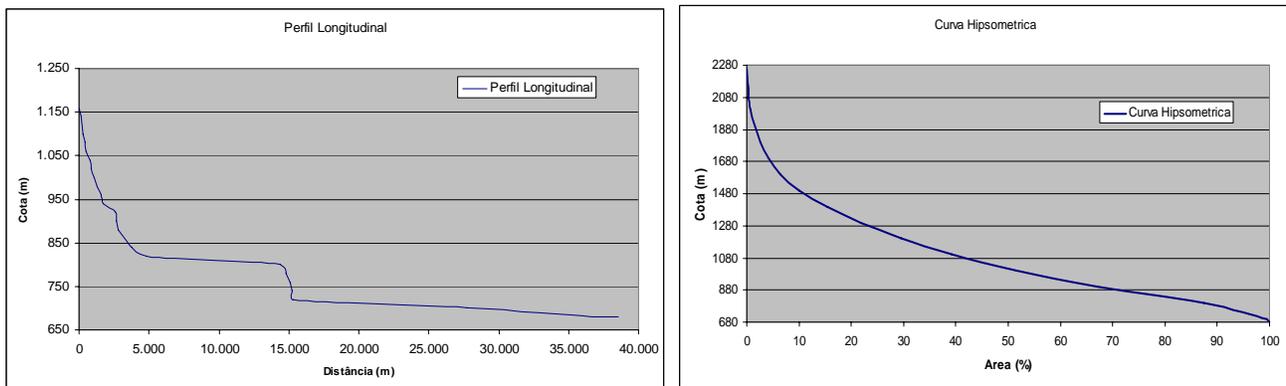


Figura 13 a e b – Perfil longitudinal e curva hipsométrica bacia representativa em Pedro do Rio.

Tabela 6 - Resumo das Características Físicas das Bacias Experimentais

Descrição	Bacias Experimentais		
	Petrópolis (Urbana)	Bonfim (Agrícola)	Araras (Preservada)
NOME DA BACIA	(Urbana)	(Agrícola)	(Preservada)
ORDEM DA BACIA (Strahler )	4	3	3
AREA ( km <sup>2</sup> )	43,340	30,500	5,300
PERIMETRO (km)	42,530	25,000	9,820
COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL (km)	9,900	10,107	4,500
COMPRIMENTO DAS DRENAGENS (km)	56,360	37,846	16,710
DENSIDADE DE DRENAGEM (km/km <sup>2</sup> )	1,300	1,240	3,150
EXTENSAO MEDIA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (km)	1,091	0,754	0,294
COEFICIENTE DE COMPACIDADE	1,808	1,282	1,194
FATOR DE FORMA	0,440	0,299	0,262
MAIOR ALTITUDE (m)	1.7	2.26	1.66
MENOR ALTITUDE (m)	820	720	1.02
ALTITUDE MEDIANA (m)	964	1.364	1.302
DECLIVIDADE MÉDIA DO CURSO PRINCIPAL (m/m)	0,131	0,326	0,266

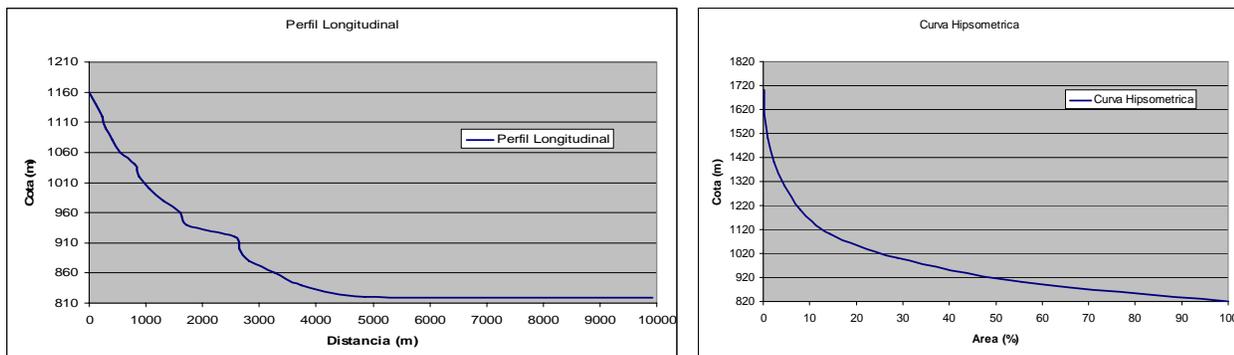


Figura 14 a e b - Perfil longitudinal do rio e curva hipsométrica da bacia urbana de Petrópolis

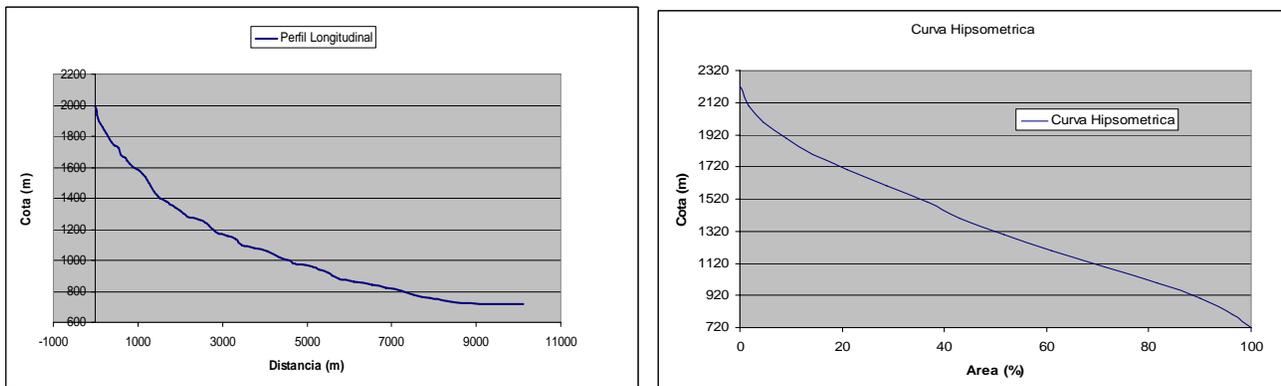
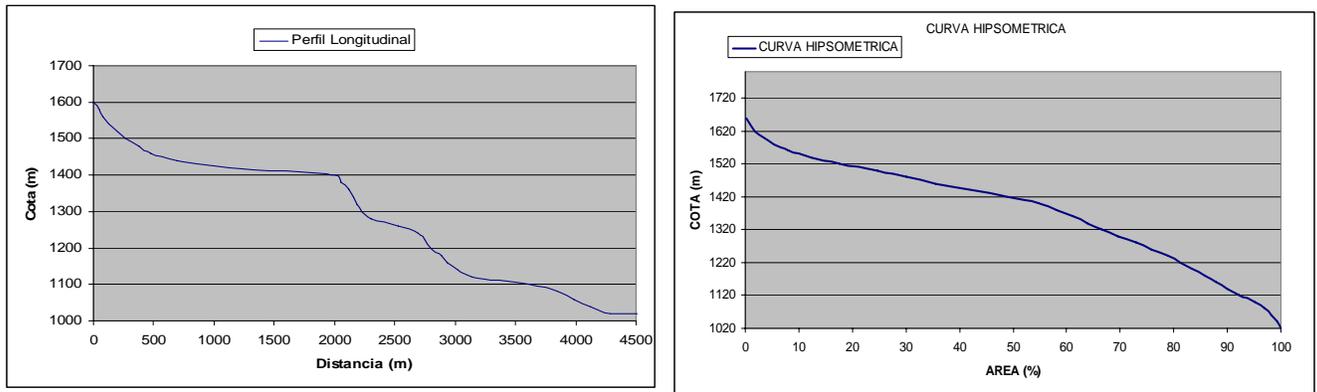


Figura 15 a e b - Perfil longitudinal do rio e curva hipsométrica da bacia do Bonfim



Figuras 16 a e b - Perfil longitudinal do rio Araras e curva hipsométrica da bacia

## 4- CONCLUSÃO

Dentre os requisitos para a elaboração dos produtos descritos nesse trabalho destaca-se o conhecimento da cartografia que é de fundamental importância para operação correta de um sistema de informações geográficas (SIG), pois apesar de sua interface estar cada vez mais atrativa e simplificada, existem operações complexas nos quais os processos estudados todos os parâmetros e diversas metodologias devem ser escolhidos criteriosamente.

Em meio às metodologias disponíveis o modelo digital de elevação (MDE) é fator chave na determinação de atributos dele derivados. Em razão disto, quanto melhor for o MDE, mais representativos serão seus atributos, todos dependentes da qualidade da fonte primária de dados de elevação, no caso a base cartográfica cedida pelo IBGE, que teve que ser trabalhada de forma atender os requisitos da modelagem.

De modo geral as respostas obtidas no trabalho, foram adequadas ao registro de informações físicas que representam apenas uma etapa preliminar da avaliação hidrológica. Foram gerados produtos independentes, que individualmente ou combinados em uma análise conjunta podem gerar informações básicas valiosas para a modelagem hidrológica e hidráulica, como os parâmetros iniciais dos modelos. Novos estudos estão em desenvolvimento dos quais se destacam mapas em maiores escalas de detalhe de solo, uso de solo e cobertura, geológicos e hidrogeológicos fundamentais para a pesquisa dos processos hidrológicos. Os produtos constituem conjunto de informações fundamentais ao entendimento dos fenômenos físicos podendo apoiar a gestão dos recursos hídricos na área da bacia hidrográfica do rio Piabanha. Sem dúvida, todas as tecnologias descritas nesse trabalho têm atraído grande interesse na última década, com seus avanços e sua capacidade de processamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM (2001). Projeto Rio de Janeiro. In: [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br).

ESRI (2004). Using ArcMap: ArcGIS 9.0, ESRI Press, New York, 2004.

FERNANDES, Manoel Do Couto ; Menezes, P. M. L. (2005). Comparação entre métodos para geração de MDE para obtenção de observações em superfície real no maciço da Tijuca . Revista Brasileira de Cartografia, v. 57, n. 2, 2005.

HUTCHINSON, M. F. (1996). A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models. In Proceedings, *Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling*, Santa Fe, NM, January 21-26, 1996. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis. See: [http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA\\_FE\\_CD-ROM/sf\\_papers/hutchinson\\_michael\\_dem/local.html](http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/hutchinson_michael_dem/local.html)

IBGE (2006) – Base cartográfica digital escala 1:50.000 – In [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

MAIDMENT, David R. “Arc Hydro: GIS for Water Resources.” Redlands: ESRI Press, 2002.

MENDES, Carlos André Bulhões/ CIRILO José Almir; Geoprocessamento em Recursos Hídricos- Princípios, Integração e Aplicação;Ed. ABRH; Porto Alegre RS , 2001.

XAVIER-DA-SILVA, J. 2001. Geoprocessamento para análise ambiental. Edição do Autor: Rio de Janeiro.

TUCCI, C. E. M. (1993). Hidrologia: Ciência e Aplicação. UFRGS, Porto Alegre-RS, 943p.

Villela, S.M. ; Mattos, A. Hidrologia aplicada. – São Paulo, Ed. McGraw Hill do Brasil, 1975.