

## Hidrogramas Unitários nas Seções de Estudo dos Tributários do Manancial Alagados em Ponta Grossa- PR

Alceu Gomes de Andrade Filho (UEPG) E-mail: [agafilho@uepg.br](mailto:agafilho@uepg.br)

Aline Bensi Domingues (UEPG) E-mail: [alinebensi@hotmail.com](mailto:alinebensi@hotmail.com)

Terezio Marcelo Schamne (UEPG) E-mail: [tmsmontealegre@hotmail.com](mailto:tmsmontealegre@hotmail.com)

**Resumo:** O estudo objetiva a caracterização da Bacia hidrográfica do Manancial Alagados da cidade de Ponta Grossa, de onde são captados quase que a totalidade de toda a água consumida pela cidade. Esta caracterização se procede utilizando recomendações da bibliografia em estudos hidrológicos, a base cartográfica de reconstituição aerofotogramétrica do local e região, com apoio do software do tipo CAD, elaboração de planilhas e cálculos para a obtenção de índices e coeficientes relativos à bacia, bem como a cada um de suas principais correntes formadoras. A metodologia de trabalho proposta estabelece, ainda diretrizes de ocupação racional das bacias de contribuição, tendo como metas a interpretação do processo de ocupação e a preservação do meio ambiente, a redução das cargas poluidoras, criação de mecanismos mitigadores das enchentes, contribuindo para mudança de postura da comunidade técnica e moradores, propiciando a sistematização através de processo integrado de ações ambientalmente corretas. Com esses estudos pretende-se formar um banco de dados para suporte à decisão do Grupo Gestor formado especificamente para gerenciar e disciplinar os usos na bacia de contribuição do Manancial Alagados.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica, Manancial Alagados, Estudos hidrológicos.

## Unit hydrographs Study Sessions in the Fountain of Tax Alagados in Ponta Grossa-PR

**Abstract:** The study aims to characterize the hydrographic basin of the Source Alagados of the city of Ponta Grossa, where they are captured almost all the water consumed throughout the city. This characterization is carried using recommendations of the literature in hydrologic studies, the base map aero photogrammetric rebuilding of the site and region, with support from software like CAD, preparation of spreadsheets and calculations to obtain indices and coefficients for the basin as well as each of its major chains forming. The methodology proposed also establishes guidelines for rational occupation of the contributing watershed, with the goals of the interpretation process of occupation and the preservation of the environment, reduction of pollutant loads, mechanisms mitigating floods, contributing to change in posture the technical community and residents, providing a systematic process through integrated environmentally friendly actions. With these studies we intend to build a database to support the decision of the Steering Group formed specifically to manage and regulate the uses in the basin of contribution of the Source Alagados.

**Keywords:** Watershed, Source Alagados, Hydrologic studies.

### 1. Introdução

Alagados é a designação utilizada para nomear a área inundada pelo represamento das águas do rio Pitanguí, situado nos municípios de Ponta Grossa, Castro e Carambeí, por ocasião da construção de uma barragem em 1929 pela Companhia Prada de Electricidade S/A., com a finalidade de controlar a vazão do rio, possibilitando o aumento da capacidade de geração de energia elétrica pela usina Pitanguí. Além do rio Pitanguí, que foi represado, vários outros deságuam nesse lago, destacando-se também o rio Jotuba (PILATTI et al 2002).

Em 1967, o Serviço de Água e Saneamento de Ponta Grossa - SAS, iniciou o “Projeto Alagados” que tinha por objetivo implantar o novo sistema de abastecimento de água para a cidade, aproveitando as águas dessa represa.

Essa bacia hidrográfica é responsável pelo abastecimento de água à cidade de Ponta Grossa, sendo aproximadamente 38% provenientes da Represa Alagados e o restante da captação, a jusante da barragem, diretamente do rio Pitanguí, porém bem mais próximo da cidade, já no perímetro urbano.

Do que ficou exposto, depreende-se que a quase totalidade da água consumida pela população da cidade de Ponta Grossa provêm da área de influência da represa. Portanto, qualquer acidente que possa ocorrer nessa represa, comprometerá todo o abastecimento de água à cidade.

Essa represa cujas finalidades eram as de geração de energia elétrica e o fornecimento de água passou a ser utilizada também para as atividades de lazer e recreação, balneário, pesca (muitas vezes predatória), natação, prática de sky aquático e passeios de barcos a motor, lanchas e jet-skys.

Outro fator significativo é a ausência de vegetação ripária em vários pontos, cujo espaço deu lugar às atividades de agricultura ou pecuária.

Registram-se também inúmeras áreas com exploração mineraria (saibreira, cascalheira, pedreira), muitas vezes com processos erosivos acentuados resultando considerável assoreamento no leito dos rios e da represa.

Impacto ambiental também acontece junto às margens da represa, pela presença de residências construídas predominantemente para fins de lazer e recreação.

Essas iniciativas de estudos fazem parte de um programa visando criação de banco de dados com informações sobre a bacia de contribuição da região do Manancial Alagados, cujo objetivo é propiciar o suporte necessário para o Grupo Gestor formado para disciplinar e gerenciar os usos naquela região.

O objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento de estudos de caracterização fiosiográfica dos principais tributários Rios Jotuba e Pitangui, daquela área de Manancial, nas seções onde são realizadas periodicamente amostragens de qualidade da água.

## **2. Localização Geográfica e Vias de Acesso**

A bacia hidrográfica de Alagados, situa-se no quadrante sudeste do Estado do Paraná, tendo por limites as coordenadas geográficas 24°52' a 25°05' de latitude S e 49°46' a 50°06' de longitude W de Greenwich, e pelas coordenadas UTM - Projeção Universal Transversa de Mercator 592.000 a 624.000 e 7.226.300 a 7.249.800.

A área total de contribuição hídrica é de 375,7 km<sup>2</sup>, sendo abrangida em 13,9% pelo município de Ponta Grossa, 36,4% pelo município de Carambeí e 49,7% pelo município de Castro.

A porção noroeste da bacia é cortada, numa extensão de aproximadamente 4,0 km, pela rodovia PR-151, pista dupla, com revestimento asfáltico, ligando as cidades de Ponta Grossa a Carambeí e Castro. A leste numa extensão de aproximadamente 9,5 km, pela rodovia PR-090, também denominada de Estrada do Cerne, que apresenta-se em leito natural revestido apenas com cascalho.

A bacia é seccionada numa extensão de 20,4 km, por uma ferrovia cuja concessionária é a América Latina Logística - ALL, que em determinados trechos situa-se em área de preservação permanente, chegando em alguns pontos a menos de 20 metros da margem sul da represa e por vezes passando por sobre aterros construídos dentro da própria represa, constituindo um sério risco de poluição em caso de eventual acidente. Na porção oeste da bacia, a ferrovia também está presente num trecho de 2,0 km.

Partindo de Ponta Grossa, o acesso à represa é realizado através de estradas vicinais em leito natural, com revestimento primário de cascalho, distando aproximadamente 20 km de centro da cidade. A figura 1 está representando o mapa de localização do Manancial Alagados em Ponta Grossa, Paraná (PILATTI et al, 2002).

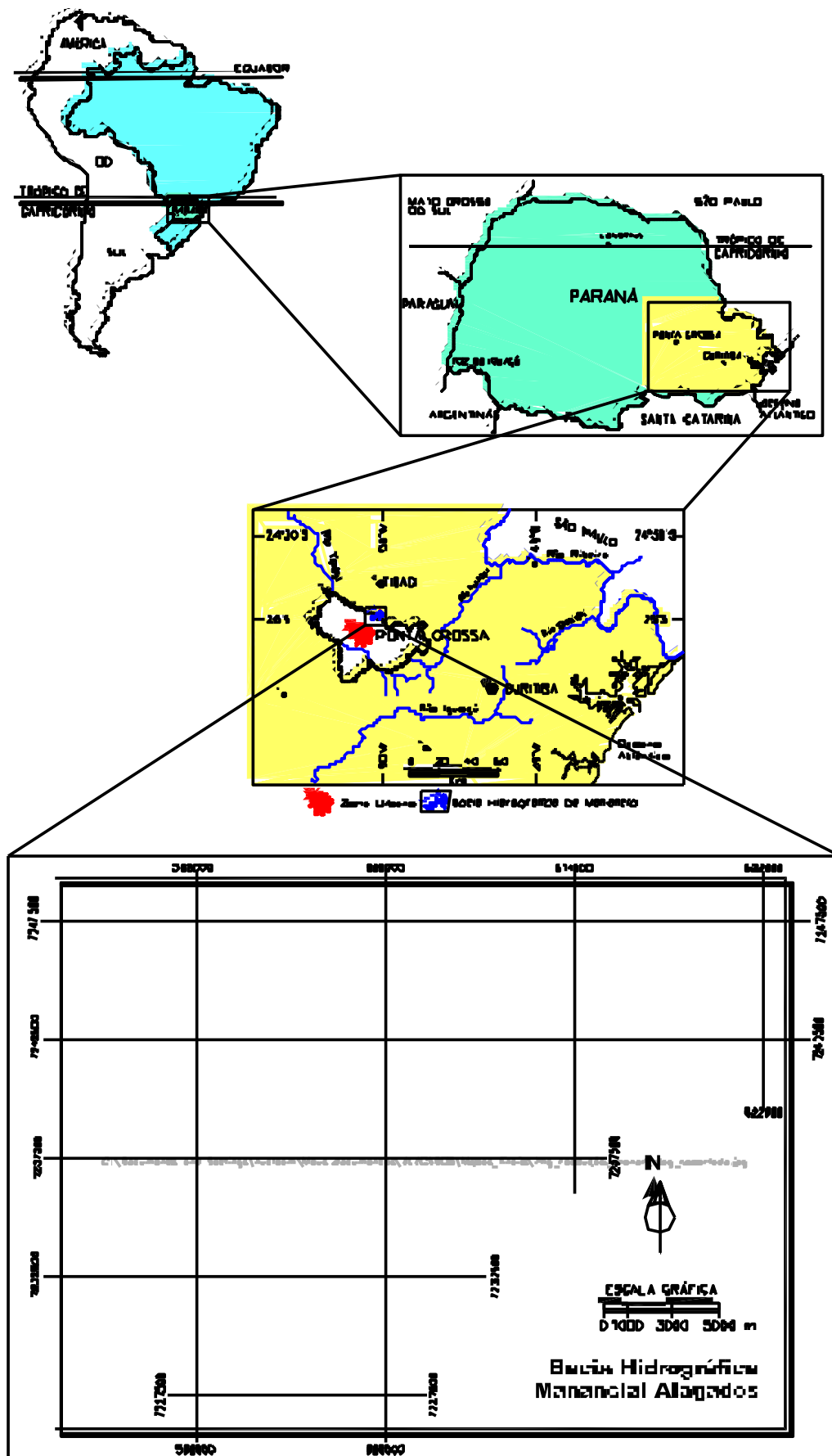


Figura 1 – Localização da Área de Estudo

3. Materiais e Métodos

Na figura 2 está representado o local de estudos, onde se observa a bacia de contribuição do Manancial Alagados e sua rede de drenagem.

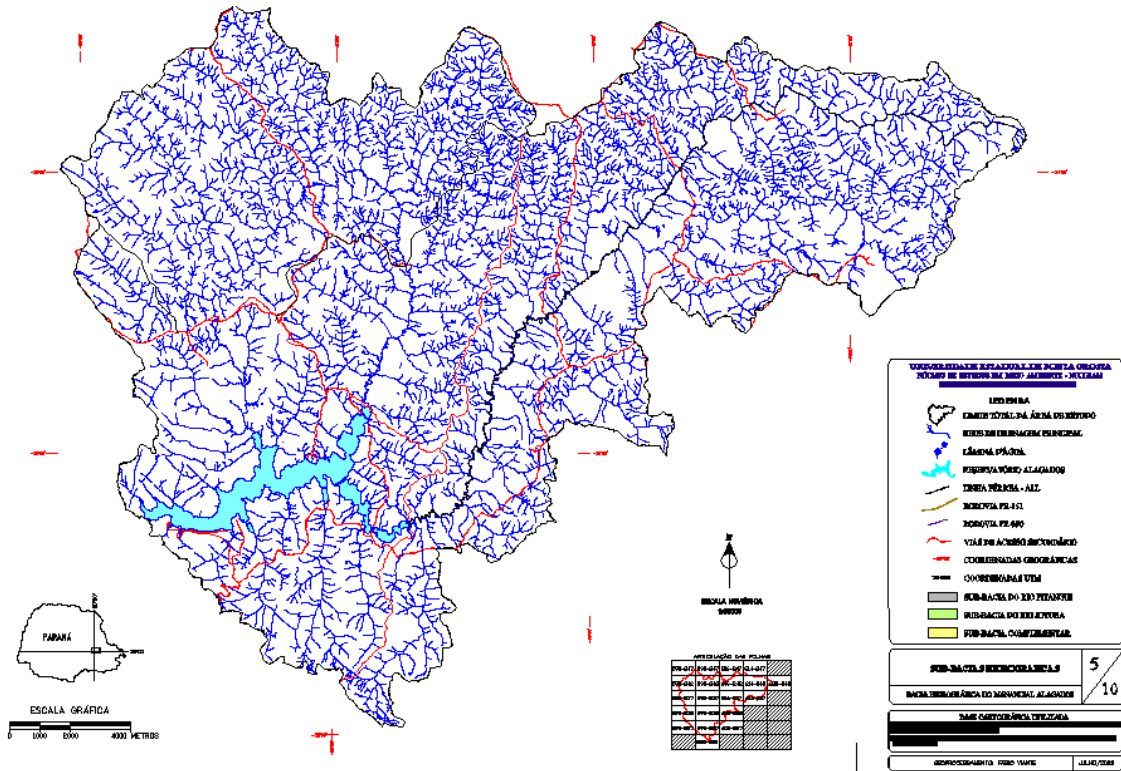


Figura 2 – Bacia de Contribuição do Manancial Alagados (FONTE: NUCLEAM, 2002)

O trabalho foi desenvolvido em etapas, conforme segue:

A primeira etapa dos estudos de caracterização compreendeu a delimitação das áreas de contribuição das sub-bacias, destacando-as na base cartográfica existente.

O principal aplicativo utilizado nos mapas foi o AUTOCAD, para a construção e análise de mapas temáticos de formato compatível, visando por meio destes, caracterizar fisiograficamente a Bacia do Manancial Alagados.

A segunda etapa compreendeu o desenvolvimento dos estudos de complexidade das correntes formadoras da rede de drenagem natural, onde se utilizou o Método de Horton (figura 2). Por meio de minuciosa análise e marcação das correspondentes ordens dos afluentes dos rios Pitangui e Jotuba é possível estabelecer a ordem destes cursos d’água.

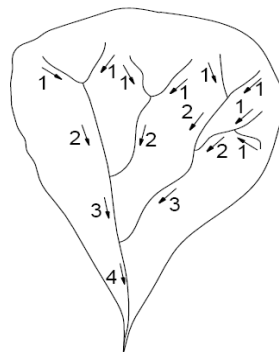


Figura 2 – Exemplo do Método de Horton (FONTE: VILLELA, 1975)

A terceira etapa incluiu as análises de forma e compacidade, onde foi necessária a obtenção de outros dados como área, perímetro, extensão dos talvegues e outras informações geométricas para subsidiar essas análises.

De acordo com a formulação apresentada por Villela e Mattos(1975), o coeficiente de forma e compacidade pode ser obtido, pelas equações (1) e (2):

Coefficiente de Forma

$$K_f = \frac{B}{L} \quad \text{Equação (1)}$$

B = largura média da bacia;

L = comprimento do talvegue principal;

Kf → coeficiente de forma

Coefficiente de Compacidade

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} \quad \text{Equação (2)}$$

P = perímetro da bacia hidrográfica;

r = raio do círculo com área equivalente igual à da bacia estudada;

Kc → coeficiente de compacidade

#### 4. Resultados e Discussão

Na figura 3 estão representados os pontos de coleta de água para controle de qualidade, feito pela SANEPAR, utilizados como referência para a subdivisão da bacia de contribuição.

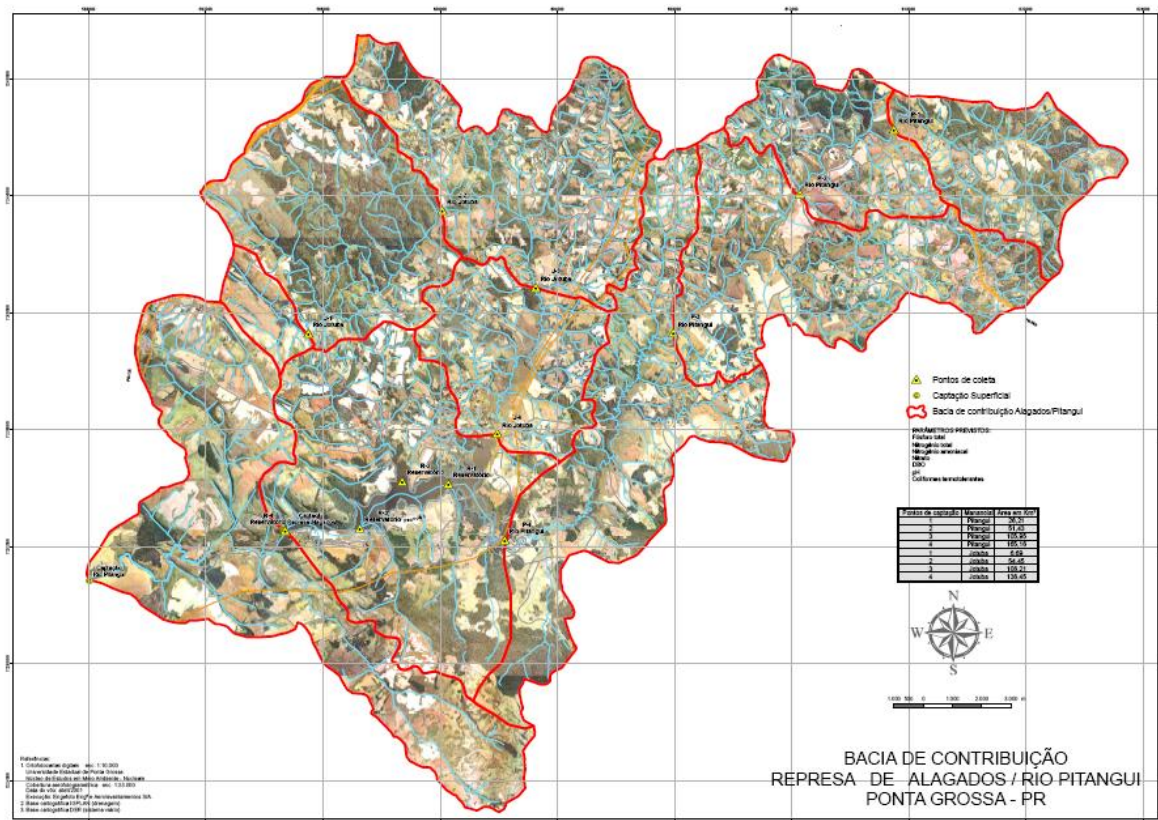


Figura 3 – Pontos de Coleta de Água (FONTE: Sanepar, 2001)



Conforme estabelecido no projeto, o rio Jotuba apresenta quatro pontos de coleta e o rio Pitanguí igual número, notando-se que três pontos estão a montante da represa, e o quarto ponto na entrada do reservatório em ambos os casos. Esses pontos estão localizados estrategicamente sob pontes de estradas vicinais existentes na região do manancial.

A denominação dos pontos foi dada pela inicial do Rio a que pertence, portanto **J** para os pontos localizados no Rio Jotuba e **P** para os pontos localizados no Rio Pitanguí.

Depois de identificada a localização dos pontos foi feita o cálculo das áreas de influencia de cada um deles e os perímetros referentes a cada ponto. Os resultados obtidos estão representados na tabela 1.

Tabela 1 – Identificação dos pontos de coleta de qualidade da água, com as respectivas áreas de influência e perímetro da área de contribuição correspondente.

Ponto	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)
J1	6,69	11,15
J2	54,45	33,61
J3	106,21	57,31
J4	136,45	63,01
P1	26,21	31,70
P2	51,43	43,03
P3	105,95	55,73
P4	165,16	101,54

Fonte: os autores (2010).

Para cada uma das seções de estudo foi definida a ordem pelo método de HORTON, que demonstra a complexidade da rede de drenagem quanto maior a ordem maior a complexidade. Ficando as ordens, portanto, dispostas conforme a tabela 2:

Tabela 2 – Ordens correspondentes a cada ponto de coleta

Pontos	ORDENS
J1	4
J2	5
J3	6
J4	6
P1	5
P2	5
P3	6
P4	6

Fonte: os autores (2010).

Também foi realizado com uso da equação 2 o cálculo dos valores dos coeficientes de compacidade ( $K_c$ ) que indica o comportamento da bacia quanto ao efeito de enchentes, determinada pelo sua proximidade do valor um, ou seja, quanto mais próximo de um, maior o risco de enchentes. Assim os tempos de deslocamento podem estar muito semelhantes, pela simetria geométrica à forma circular, ocasionando picos de vazão na seção de estudo correspondente. O coeficiente de forma ( $K_f$ ), calculado pela equação 1, permite analisar a relação de simetria entre comprimento do talvegue e largura média da bacia hidrográfica, subsidiando a análise complementar do coeficiente de compacidade, ambos necessários para caracterização do risco de enchentes.

Tabela 3 – Relação dos coeficientes de compacidade e forma, respectivamente, aos pontos de coleta.

Ponto	Kc	Kf
J1	1,2	0,53
J2	1,3	0,31
J3	1,6	0,24
J4	1,5	0,16
P1	1,7	0,17
P2	1,7	0,19
P3	1,5	0,16
P4	2,2	0,09

Fonte: os autores (2010).

Outra etapa foi o estudo das declividades dos talvegues principais, juntamente com o comprimento de cada um destes em cada seção e com esses valores obtivemos o valor da velocidade média em cada uma delas, conforme tabela 4, tudo isso com o objetivo de obter os valores para a construção do hidrograma unitário Triangular e após a conversão em Curvilíneo tudo isso utilizando o Método do hidrograma unitário sintético Triangular.

Tabela 4 – Valores de características físicas de cada ponto.

Ponto	Declividade (m/m)	Comprimento (km)	Velocidade Média (m/s)
J1	4,23	3,547	0,54
J2	1,26	13,170	0,27
J3	0,88	21,207	0,21
J4	0,64	29,411	0,18
P1	1,57	12,321	0,28
P2	1,21	16,489	0,24
P3	0,83	25,392	0,21
P4	0,51	43,040	0,17

Fonte: os autores (2011).

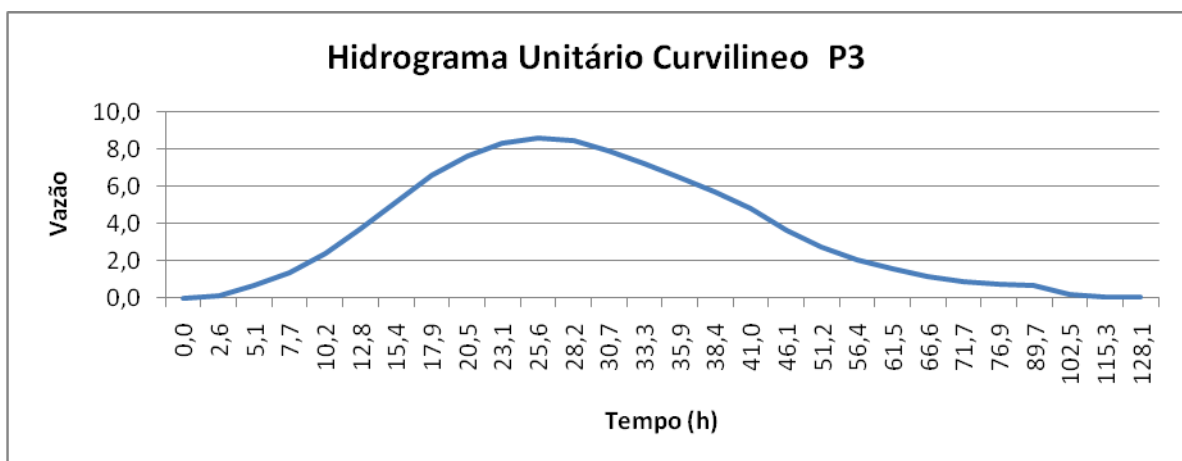
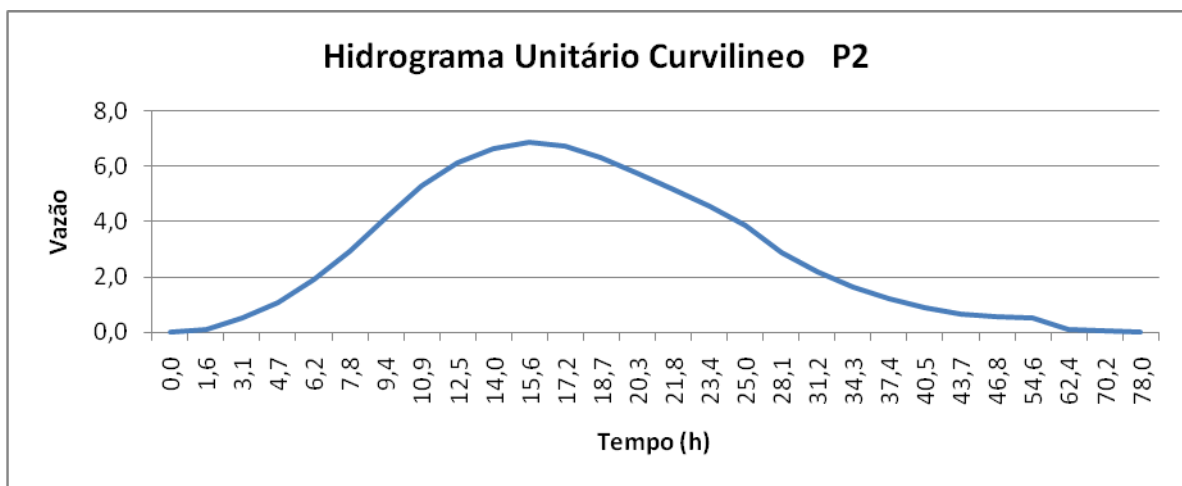
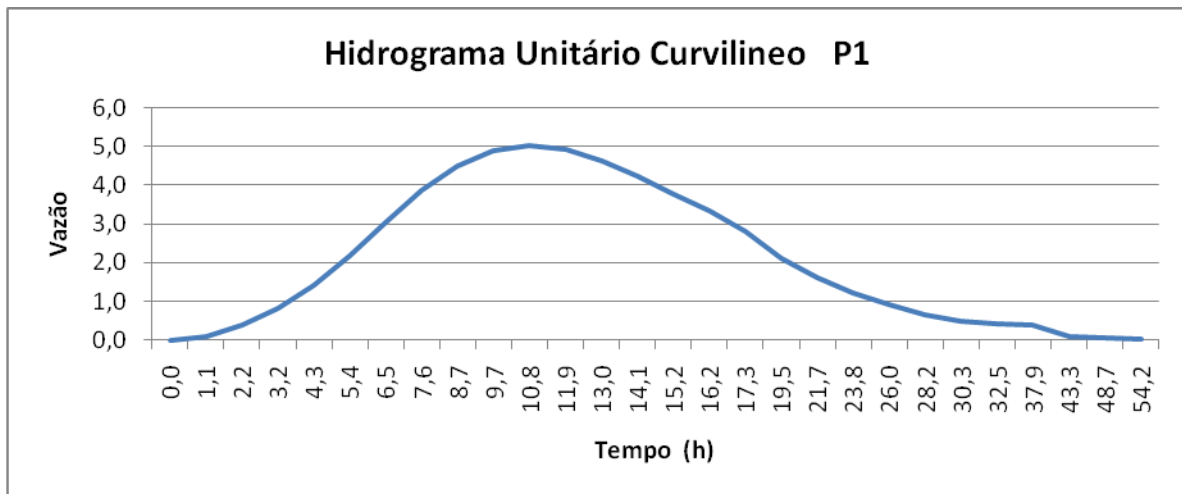
Os resultados dos cálculos realizados estão apresentados na tabela 5 foram conseguidos através da utilização do método que corresponde a uma chuva de 1,0 cm correspondendo ao volume unitário escoado superficialmente.

Tabela 5 – Valores de referência para construção dos hidrogramas unitarios

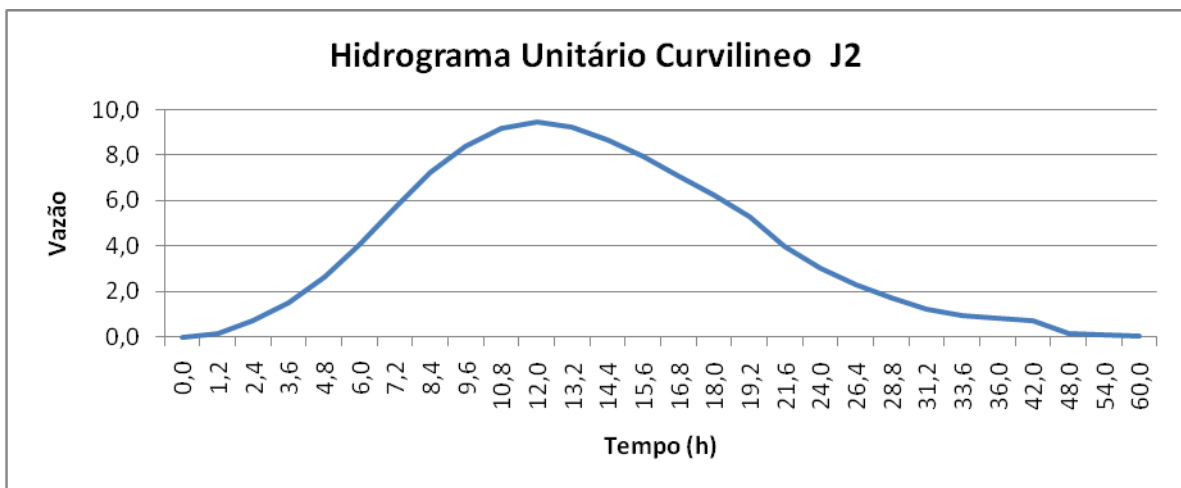
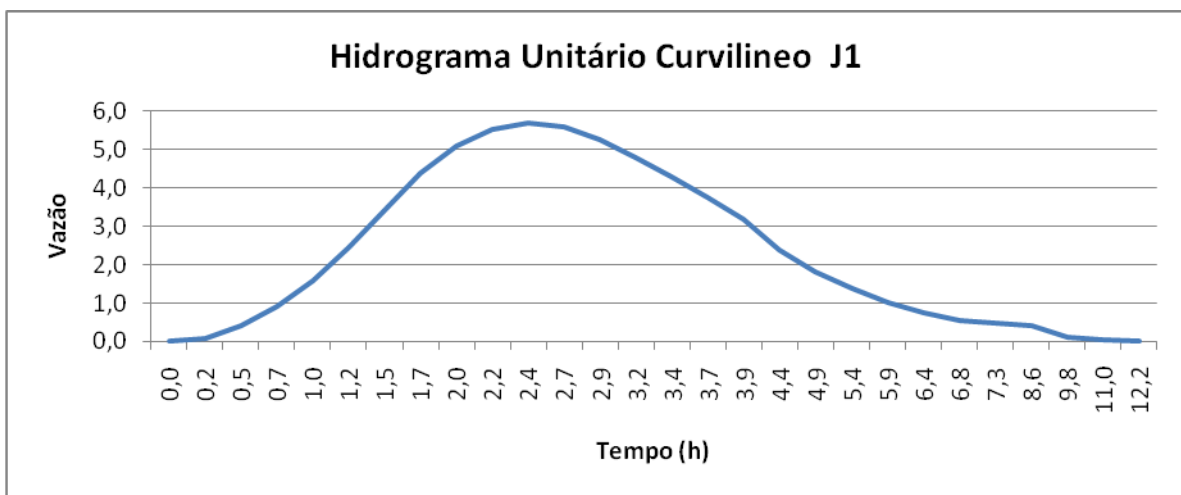
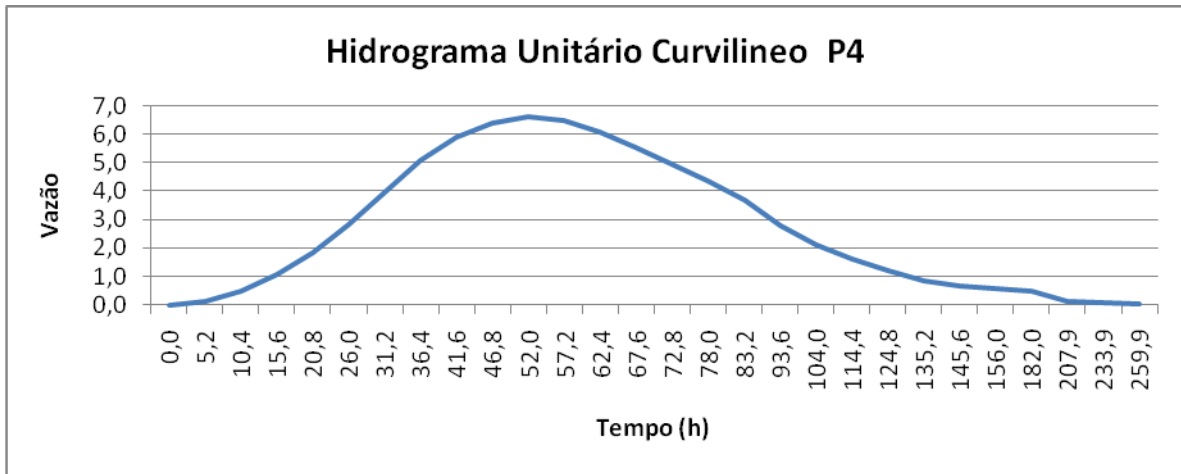
Ponto	Tempo de concentração (h)	Tempo de pico (h)	Tempo de recessão (h)	Intensidade da vazão unitária de pico (cm/h)	Vazão de pico do hidrograma unitário triangular (m <sup>3</sup> /s)
J1	1,82	2,45	4,08	0,306	5,692
J2	13,80	12,00	20,04	0,062	9,443
J3	27,53	21,76	36,34	0,034	10,155
J4	44,40	33,30	55,62	0,022	8,525
P1	12,22	10,83	18,09	0,069	5,036
P2	18,77	15,60	26,04	0,048	6,862
P3	33,11	25,62	42,79	0,029	8,604
P4	72,46	51,99	86,82	0,014	6,610

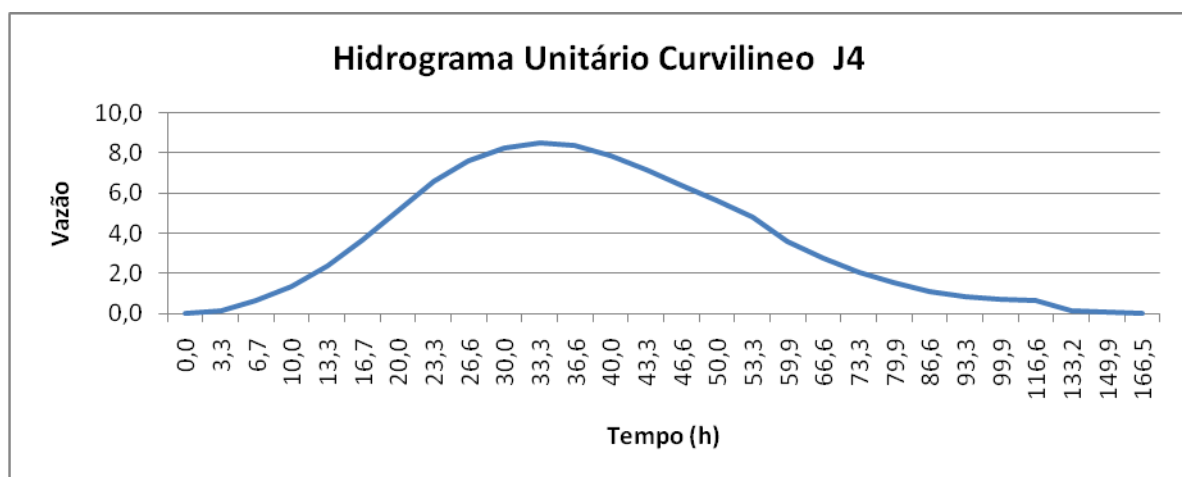
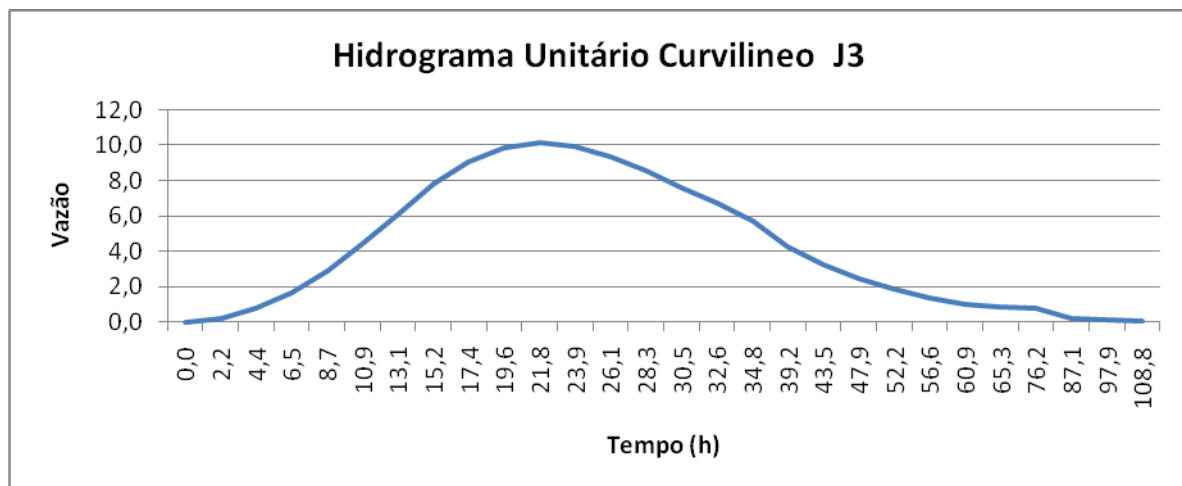
Fonte: os autores (2011).

Com esses valores com a tabela de conversão fornecida pelo método foram elaborados os seguintes hidrogramas:









## 5. Considerações Finais

A análise de ordem realizada no Rio Pitangui e no Rio Jotuba permitiu uma observação do valor de ordem para a seção junto ao lago, ou seja, o valor de ordem 6 para os dois rios, demonstrando a complexidade dos cursos d'água estudados.

O estudo realizado através dos hidrogramas unitários demonstrou o aumento dos valores relativos aos tempos de pico em horas no Rio Pitangui, que variaram de 10,83 na seção 1, 15,60 na seção 2, 25,62 na seção 3, atingindo 51,99 na seção 4. Quanto às vazões de pico em  $m^3/s$ , variaram de 5,036 na seção 1 atingindo 8,604 na seção 3, e 6,610 na seção 4, já para o Rio Jotuba os tempos de pico em horas variaram de 2,45 na seção 1, 12 na seção 2, 21,76 na seção 3, atingindo 33,3 na seção 4. Quanto às vazões de pico em  $m^3/s$  variaram de 5,692 na seção 1 atingindo 10,155 na seção 3, e 8,525 na seção 4. Observou-se uma diferença de crescimento entre a seção 3 e seção 4 nos dois tributários não seguindo a mesma tendência demonstrada nos tempos de pico dos hidrogramas, apesar do aumento da área de contribuição isso se verifica devido a diminuição da declividade e ao aumento do comprimento do talvegue principal em proporção superior ao acréscimo relativo de área de contribuição esse fato foi verificado nos dois tributários como é possível ver na tabela 5.

A análise de ordem realizada nos tributários do Manancial Alagados permitiu observar que na comparação entre a seção 1 do Rio Jotuba (ordem 4) e seção 1 do Rio Pitangui (ordem 5), notou-se uma diferença de complexidade entre as sub-bacias estudadas, explicada em função da diferença entre as áreas de contribuição. Nas demais seções os valores de ordem foram

idênticos, e as áreas de contribuição também, com exceção da seção 4 de amostragem, em que demonstra maior valor para a bacia hidrográfica do Pitangui a montante da represa.

Quanto aos valores obtidos para o coeficiente de compacidade nota-se em ambas as bacias estudadas um crescimento do valor desse coeficiente de montante para jusante, apresentando valores inferiores no Rio Jotuba, no entanto, todos os valores se afastam do valor de referência 1, indicando pouca semelhança com a forma circular, o que indica baixa sensibilidade a enchentes, reduzindo-se de montante para jusante.

Os coeficientes de forma apresentaram decréscimo de montante para jusante, indicando alongamento gradativo do talvegue principal em relação à largura média, confirmando as observações realizadas quanto ao comportamento da bacia citado na análise dos valores do coeficiente de compacidade, ou seja, redução gradativa da sensibilidade a enchentes a partir das nascentes até a entrada na represa.

Pode-se perceber que pela grande declividade no talvegue existente na bacia do Rio Jotuba em relação a bacia do Rio Pitangui, o tempo de concentração foi menor em todas as seções de estudo, indicando que a precipitação nessa bacia traz efeitos na reservatório antes que as precipitações na area da bacia do Rio Pitangui, se comparadas precipitações no mesmo instante.

### **Referências**

FENDRICH, Roberto “Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná”, Editora Champagnat, Curitiba, 1998, 99 p.

PILATTI, Fernando et al, “Bacia Hidrográfica do Manancial Alagados”, relatório técnico – NUCLEAM - Núcleo de Estudos e Meio Ambiente, UEPG, 2001, 146p.

PINTO, Nelson Luiz de Souza et al, “Hidrologia Básica” Editora Edgard Blücher, 1986, São Paulo.

VILLELA, Swami Marcondes e MATTOS, Arthur “Hidrologia Aplicada, Editora McGraw Hill do Brasil, São Paulo, 1975, 245 p.

TOMAZ, Plínio, “Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais” Editora Navegar, São Paulo, 2002, 475p.

TUCCI, Carlos E.M. “Hidrologia: Ciência e Aplicação” Editora da Universidade ABRH EDUSP, 1993.

TUCCI, Carlos E.M., PORTO, Rubem La Linae BARROS, Mário T.de “Drenagem Urbana” ABRH / Editora UFRGS, Porto Alegre, 1995.