

Áreas de influência das estações pluviométricas na bacia rio do Peixe/SC pelo método de polígonos de Thiessen utilizando imagem de satélite e SIG

Karla Gomig¹
Elfride Anrain Lindner¹
Masato Kobiyama²

¹Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC
Rua Getúlio Vargas, 2125 - 89600-000 - Joaçaba - SC, Brasil
eng.karla@yahoo.com.br; elfride.lindner@unoesc.edu.br

²Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Centro Tecnológico (CTC) – Campus Universitário – Trindade
88010-970 – Florianópolis – SC, Brasil
kobiyama@ens.ufsc.br

Abstract. The paper focuses on weight estimation employing internal *ArcView* routines to calculate areas and weight factors. The *ArcView GIS*, extension “Create Thiessen Polygons” was used to localize rainfall stations with areas of influence in the Peixe/SC river watershed which is a Uruguay river tributary. The total drainage area was divided into four sub-watersheds, regarding to the gauge stations of Rio das Antas (801 km²), Tangará (2,017 km²), Joaçaba (3,721 km²) and Piratuba (5,238 km²). Nineteen rainfall stations have their own influence areas, aiming the mean precipitation calculation over the sub-watersheds. Considering the total area and year 2002 further the stations present weight of 13,68% (Salto Veloso); 12,34% (Caçador); 11,11% (Joaçaba); 10,29% (Videira); 8,88% (Macieira) and 7,29% (Campos Novos). The other thirteen stations complement the remaining 36,4% of Peixe/SC watershed. Applying GIS is less time-consuming and easier for Thiessen polygons method application when mean precipitation over an area is calculated.

Palavras-chave: Thiessen polygons, watershed, mean precipitation; polígonos de Thiessen, bacia hidrográfica, precipitação média.

1. Introdução

A precipitação varia temporal e espacialmente. O conhecimento da distribuição e variação da precipitação, tanto no tempo como no espaço, é imprescindível para estudos hidrológicos. Para calcular a precipitação média de uma superfície qualquer, é necessário utilizar as observações dos postos dentro dessa superfície e nas suas vizinhanças. Segundo Pedrazzi (1999), existem três métodos para o cálculo da chuva média: método da média aritmética, método de Thiessen e método das Isoietas.

O método dos Polígonos de Thiessen é indicado quando não há distribuição uniforme dos postos pluviométricos dentro da bacia hidrográfica. Consiste em atribuir um fator de peso aos totais precipitados medidos em cada posto pluviométrico, sendo estes pesos proporcionais à área de influência de cada posto. São considerados os postos inseridos na bacia, bem como postos localizados na região de entorno e que exercem influência na bacia (Cecílio, 2006).

As análises Thiessen, também conhecidas como análises do diagrama de *Voronoi* ou *Tesselação de Delaunay* podem ser aplicadas na gestão dos mais diversos temas: meio ambiente, *marketing*, segurança, saúde, etc. Os diagramas podem ser obtidos com desenho manual, com o uso de *AutoCad* mas de forma facilitada pelo uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o *ArcInfo*, que permite o cálculo do diagrama (Rezende, 2000). Cada polígono do tema *Thiessen* contém os atributos do ponto dentro do mesmo (UniCeub, 2006).

Tendo por base imagem de satélite Landsat 7/ETM+ e ferramentas SIG, os objetivos do presente trabalho foram: selecionar as estações pluviométricas com área de influência na bacia rio do Peixe/SC; considerar a data de entrada em operação de cada estação; obter as respectivas áreas de influência para toda a bacia e para as sub-bacias delimitadas pelas estações fluviométricas com maior série histórica de dados.

2. Materiais e Métodos

A bacia rio do Peixe (código 72, ANA, 2005) destaca-se como manancial de abastecimento público e industrial no meio-oeste do estado de Santa Catarina, sendo tributário da margem direita do rio Uruguai, (bacia 7) (Figura 1).

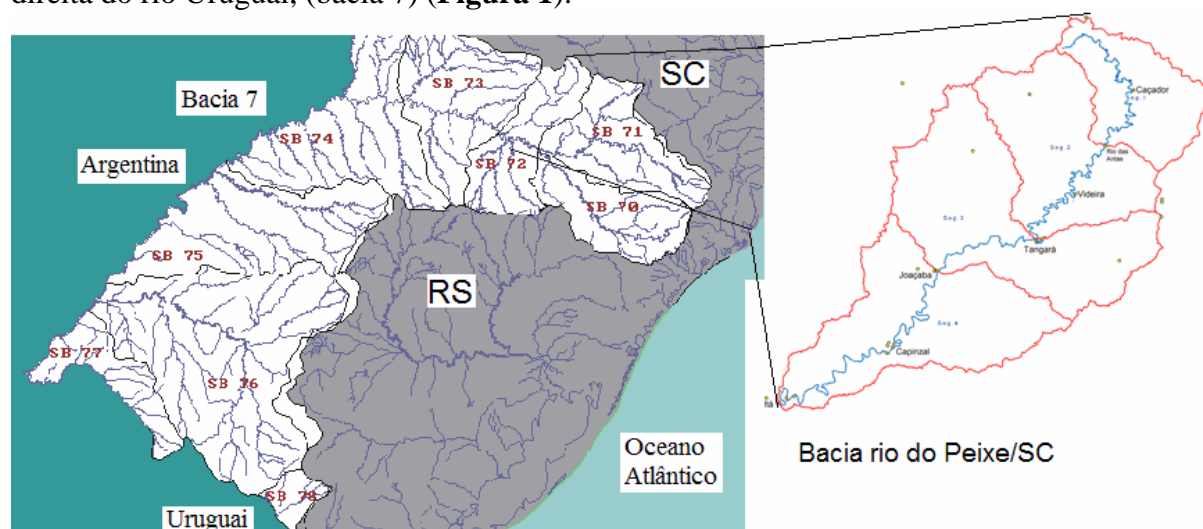


Figura 1 – Localização Rio do Peixe/SC no sistema de drenagem do rio Uruguai/Brasil.

A imagem ortorretificada do satélite Landsat 7/ETM está conformada ao datum horizontal *South American Datum 1969* (SAD'69 – IBGE), meridiano central 51° 00'00" W e ao datum vertical de Imbituba (SC). Para propiciar a cobertura completa da bacia rio do Peixe/SC foi necessário compor um mosaico de quatro cenas de imagem, respectivamente, órbita/ponto 221/078; 221/079; 222/078 e 222/079 de 12/08/2001 (Comitê Rio do Peixe, 2002).

O inventário disponibilizado *online* pelo Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA, 2005) via *HidroWeb* apresenta 34 estações pluviométricas inseridas na bacia rio do Peixe ou no seu entorno e 18 estações fluviométricas no rio principal e tributários. Foram analisados o período de operação e a disponibilidade de dados junto às instituições responsáveis ou operadoras (ANA, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina - Epagri e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2006).

No Laboratório de Topografia da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC) os arquivos dos mapas digitais plani-altimétricos foram processados com utilização do software *ArcView GIS 8.2*. As curvas de nível digitalizadas foram obtidas do IBGE através da página na internet da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (Epagri, 2005).

A área de influência, decisiva para a seleção das estações pluviométricas, foi obtida pela aplicação do método dos polígonos de Thiessen. O procedimento pode ser manual, com o uso de softwares como o *AutoCad* ou *ArcView GIS* (*ArcView extension "Create Thiessen Polygons v2.6"*). Traçaram-se, no mapa, linhas retas que unam postos pluviométricos adjacentes, isto é, os mais próximos entre si. Em seguida, traçaram-se as medianizes destas retas (linhas médias perpendiculares). Finalmente definiram-se as regiões de influência de cada posto pluviométrico, que são os polígonos formados pelas medianizes ou de Thiessen

(Figura 2). Calculou-se a área de cada polígono formado (Cecílio, 2006). A metodologia aplicada é descrita em detalhes por Dartiguenave e Maidment (1996) e Gomig (2006).

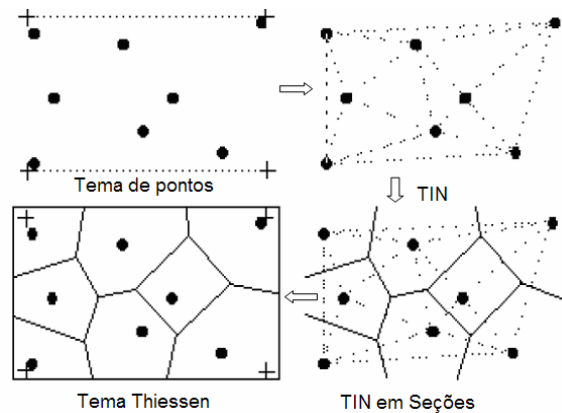


Figura 2 – Método de Thiessen e atributos de área (UniCeub, 1996).

Considerou-se que a altura pluviométrica no interior das áreas de domínio dos polígonos de Thiessen é a mesma do respectivo posto (Pedrazzi, 1999). A precipitação média foi calculada pela média ponderada entre a precipitação P_i de cada estação e o peso a ela atribuído A_i que é a área de influência de P_i .

O método de Thiessen foi aplicado para as quatro sub-bacias viabilizando a incorporação de todos os dados pluviométricos monitorados à medida que as estações entravam em operação, respectivamente nos anos de 1976, 1980, 1985, 1987, 1988, abril de 2000, junho de 2000, 2001 e 2002.

3. Resultados e Discussão

As estações fluviométricas de Rio das Antas (72715000), Tangará (72810000), Joaçaba (72849000) e Piratuba (72980000) constituem as quatro seções de controle de vazão (**Figura 3**), definindo as sub-bacias P1 (801 km²); P2 (2.017 km²); P3 (3.721 km²) e P4 ou bacia rio do Peixe com 5.238 km² de área de drenagem.

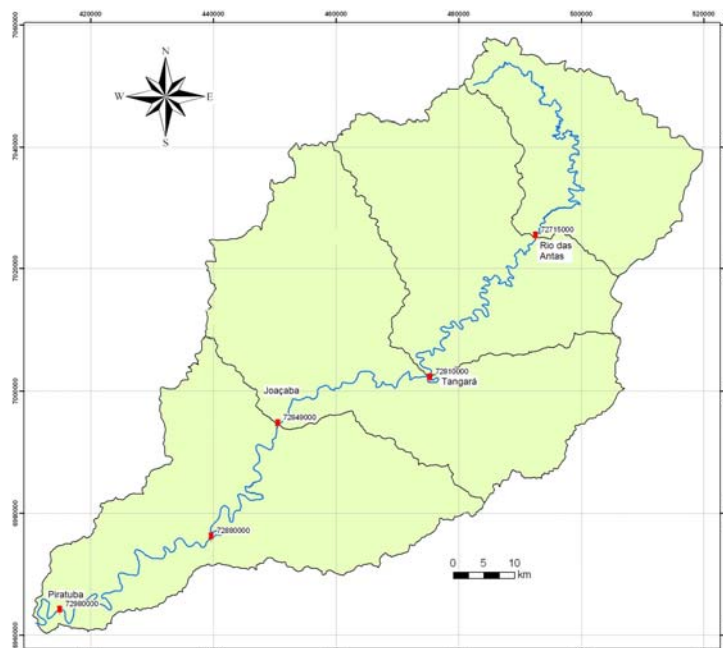


Figura 3 – Delimitação da bacia e sub-bacias do rio do Peixe/SC com ArcView GIS 8.2

As estações pluviométricas em operação, com longa série de dados e área de influência na bacia rio do Peixe/SC pela aplicação do método dos polígonos de Thiessen são em número de dezenove conforme identificadas na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Estações pluviométricas com área de influência na bacia rio do Peixe/SC.

Código	Nome do município	Latitude	Longitude	Altitude, m	Data início	Resp.
02650019	Lebon Régis	-26°55'48"	-50°41'17"	1000	01/07/76	A/C
02651001	Vargem Bonita	-26°52'24"	-51°47'47"	1000	01/04/43	A/C
02651036	Macieira	-26°46'33"	-51°15'46"	1133	01/04/76	A/C
02651044	Calmon	26°35'56"	51°07'00"	1200	01/06/79	A/C
02751002	Campos Novos	-27°22'59"	-51°12'12"	952	01/01/74	E
02751004	Joaçaba	-27°10'18"	-51°30'30"	560	01/04/43	A/C
02751012	Capinzal	-27°20'32"	-51°36'30"	498	01/04/76	A/C
02752005	Concórdia	-27°18'52"	-51°59'36"	600	01/01/55	A/C
02651042	Caçador	-26°46'00"	-51°00'00"	960	01/01/80	E
02751016	Videira	-27°00'14"	51°09'00"	774	02/05/85	E
02751020	Joaçaba	-27°10'00"	-51°33'00"	776	01/11/85	E/I
02751018	Marcelino Ramos	-27°27'40"	-51°54'16"	420	01/09/87	A/C
02651052	Salto Veloso	26°54'24"	51°24'35"	1000	01/01/88	A/C
02750016	Fraiburgo	-27°03'00"	-50°56'00"	1145	01/06/00	E/I
02751022	Videira (Irakitan)	-27°00'42"	-51°02'22"		01/04/00	A/C
02751021	Jaborá	-27°08'00"	-51°47'00"		01/06/00	A/C
02751029	Ouro	-27°20'19"	-51°36'38"	373	24/07/01	T/E
02751028	Piratuba	-27°31'00"	-51°48'00"	372	18/09/01	T/E
02751024	Videira	-27°00'01"	-51°08'00"	775	25/08/02	C/E

Legenda: Resp. (órgão responsável e entidade operadora): ANA/CPRM (A/C); Epagri (E); Epagri/INMET (E/I); Tractebel/Epagri (T/E); CELESC/EPAGRI (C/E).

A **Figura 4** apresenta desenho dos polígonos de Thiessen com o uso de *AutoCad* de arquivo exportado do *ArcView GIS 8.2*.

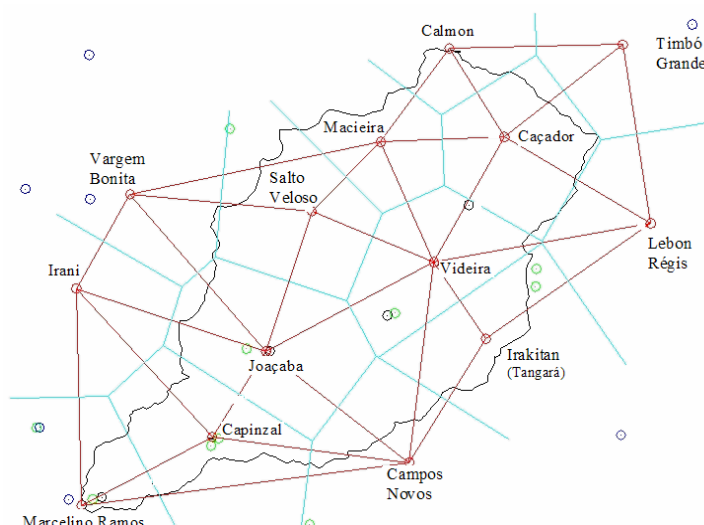


Figura 4 – Polígonos de Thiessen para a bacia rio do Peixe/SC com desenho em *AutoCad*.

As respectivas áreas de influência, por sub-bacia e data de início de operação (1976 a 2002) são apresentadas nas **Figuras 5, 6 e 7** e nas **Tabelas 2, 3 e 4**.

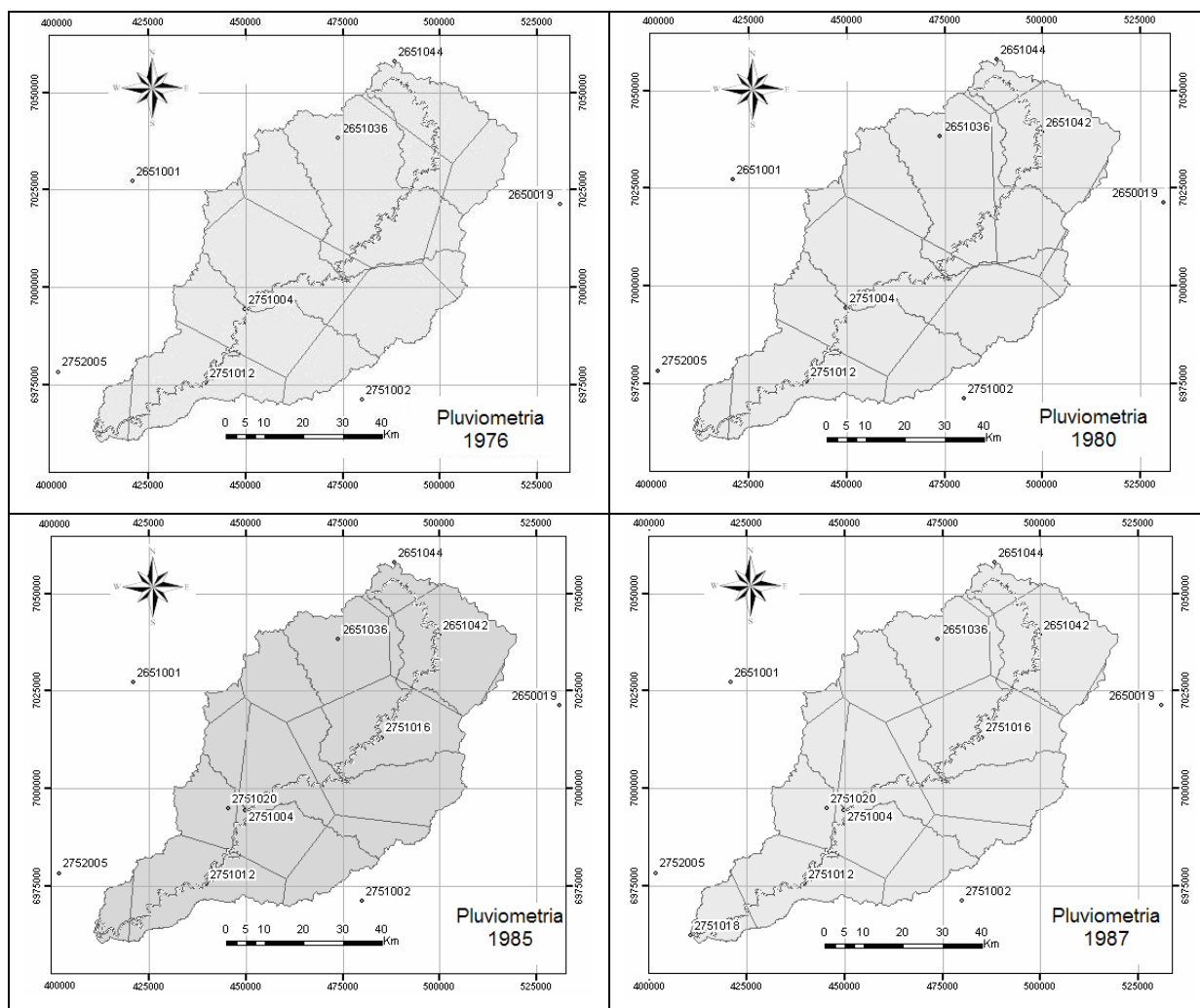


Figura 5 – Áreas de influência das estações pluviométricas da bacia rio do Peixe/SC, pelo método dos polígonos de Thiessen, anos de 1976 a 1987.

Tabela 2 – Porcentagens de área de influência de cada estação pluviométrica (1976 a 1987).

Código	(%) 1976				(%) 1980				(%) 1985				(%) 1987			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
02650019	31,08	16,94	11,31	8,03	1,12	0,65	1,77	1,26	1,12	0,44	0,24	0,17	1,12	0,44	0,24	0,17
02651001			1,73	1,23			1,73	1,23			1,52	1,08			1,52	1,08
02651036	18,62	59,35	42,03	29,86		40,05	31,49	22,37		24,65	21,65	15,38		24,65	21,65	15,38
02651042					83,20	49,40	27,98	19,87	82,34	35,47	19,22	13,65	82,34	35,47	19,22	13,65
02651044	50,30	20,82	11,28	8,02	15,68	6,99	3,79	2,69	15,68	6,99	3,79	2,69	15,68	6,99	3,79	2,69
02651052									0,00				0,00			
02750016																
02751002		0,02	12,70	13,69		0,02	12,30	13,41			3,99	7,50			3,99	7,50
02751004		2,88	20,95	25,29		2,88	20,95	25,29			11,39	13,82			11,39	13,82
02751012				11,74				11,74				11,33				10,08
02751016										32,44	33,37	23,71		32,44	33,37	23,71
02751018																3,40
02751020											4,83	8,52			4,83	8,52
02751021																
02751022																
02751024	0,00				0,00				0,00				0,00	0,00		0,00
02751028																
02751029																
02752005				2,15				2,15				2,15				0,01

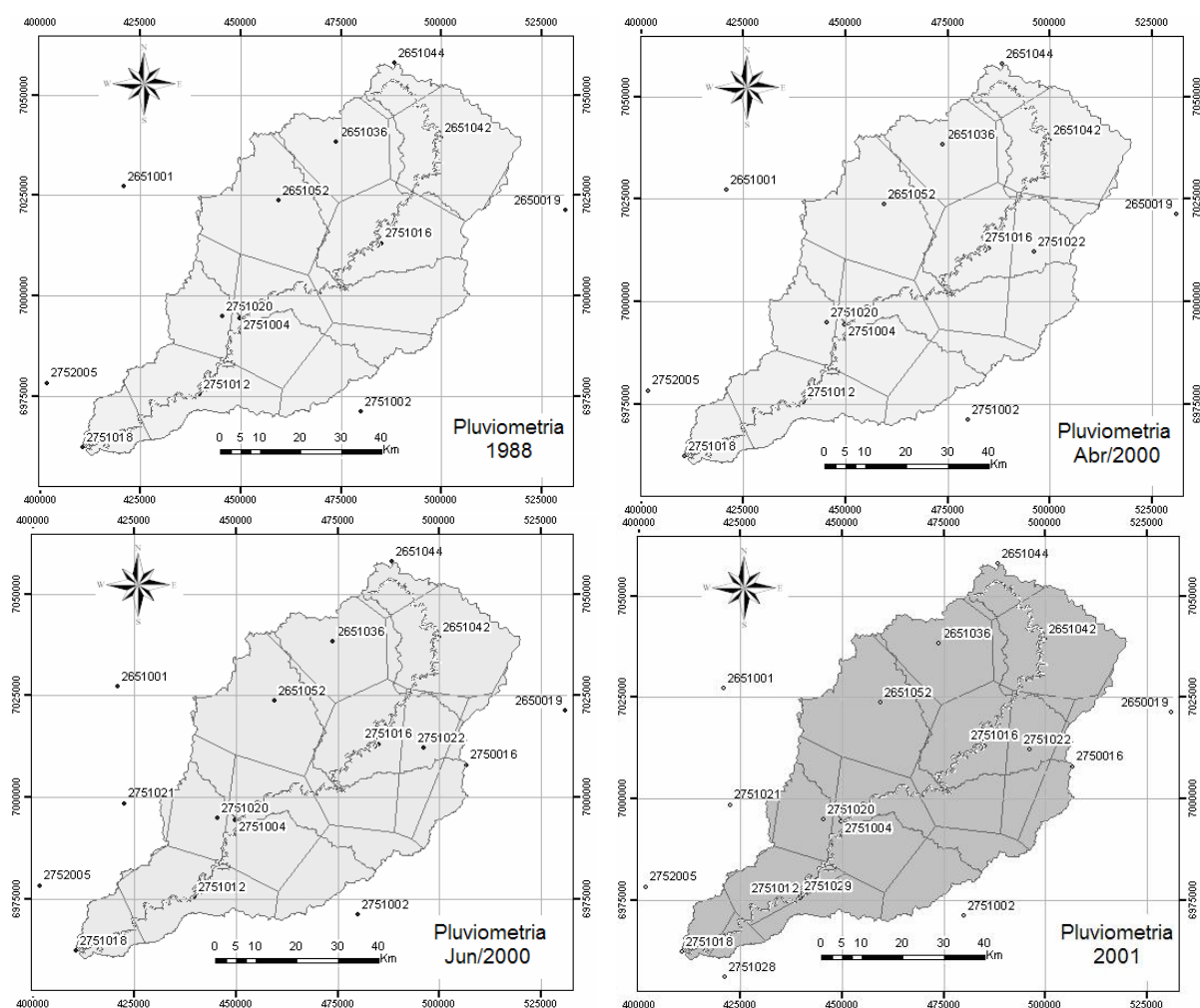


Figura 6 – Áreas de influência das estações pluviométricas da bacia rio do Peixe/SC, pelo método dos polígonos de Thiessen, anos de 1988 a 2001.

Tabela 3 – Porcentagens de área de influência de cada estação pluviométrica (1988 a 2001).

Código	(%) 1988				(%) Abr. 2000				(%) Jun. 2000				(%) 2001			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
02650019	1,12	0,44	0,24	0,17	1,00	0,40	0,22	0,15	0,91	0,36	0,20	0,14	0,91	0,36	0,20	0,14
02651001			0,05	0,03			0,05	0,03			0,05	0,03			0,05	0,03
02651036		22,79	12,53	8,90		22,79	12,53	8,90		22,79	12,53	8,90		22,79	12,53	8,90
02651042	82,34	35,47	19,22	13,65	76,42	32,41	17,56	12,48	75,85	32,18	17,44	12,39	75,85	32,18	17,44	12,39
02651044	15,68	6,99	3,79	2,69	15,68	6,99	3,79	2,69	15,68	6,99	3,79	2,69	15,68	6,99	3,79	2,69
02651052	0,00	2,55	19,25	13,68	6,31	2,55	19,25	13,68	3,91	2,55	19,25	13,68	3,91	2,55	19,25	13,68
02750016									3,06	2,37	4,80	3,41	3,06	2,37	4,80	3,41
02751002			3,99	7,50			3,74	7,33			3,69	7,29			3,69	7,29
02751004			7,59	11,11			7,59	11,11			7,59	11,11			7,59	11,11
02751012				10,08				10,08				9,99				5,76
02751016		31,76	30,58	21,72		21,02	18,21	12,94		21,02	18,21	12,94		21,02	18,21	12,94
02751018				3,40				3,40				3,40				2,36
02751020			2,76	7,05			2,76	7,05			2,76	6,64			2,76	6,58
02751021												0,51				0,47
02751022						13,85	14,30	10,16		11,74	9,69	6,88		11,74	9,69	6,88
02751024	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			0,00
02751028																1,36
02751029																4,00
02752005				0,01				0,01				0,01				0,00

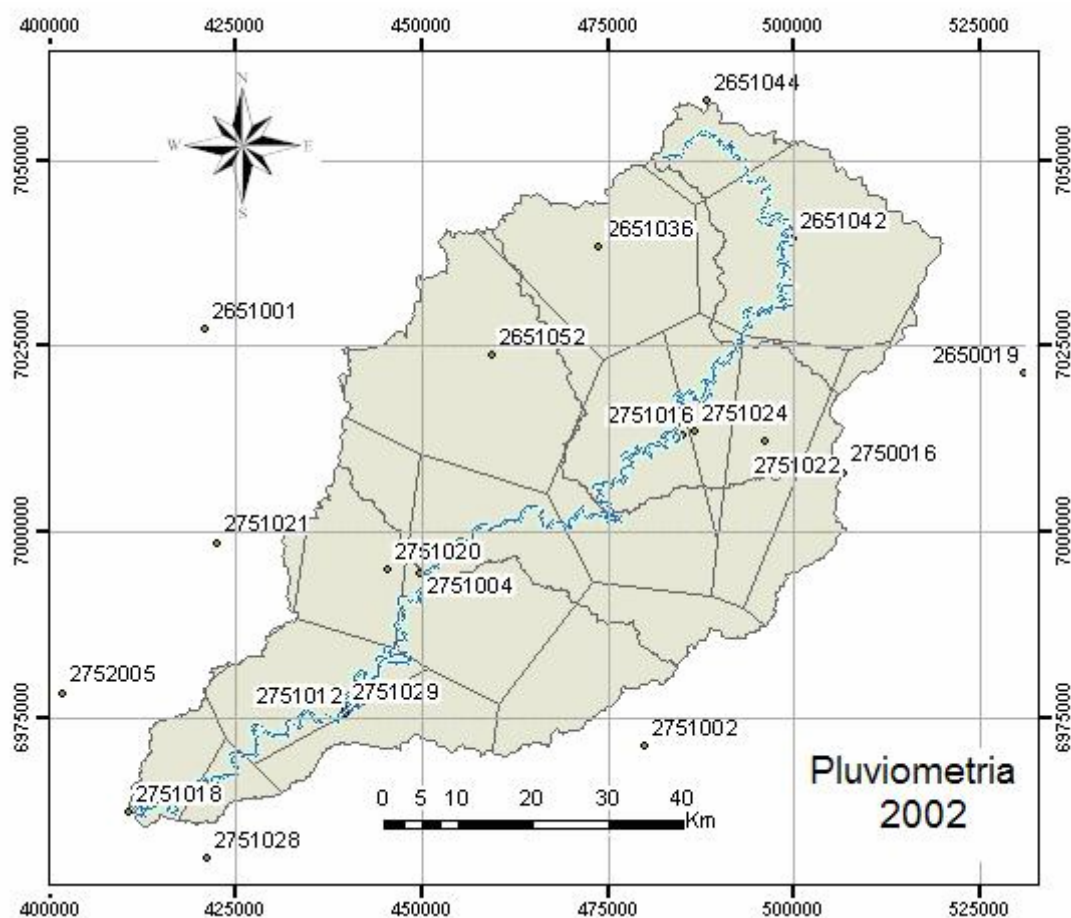


Figura 7 – Áreas de influência das estações pluviométricas da bacia rio do Peixe/SC, pelo método dos polígonos de Thiessen, ano de 2002 em diante.

Tabela 4 - Porcentagens de área de influência de cada estação pluviométrica (2002 em diante).

Código	Município/Estação	P1 (%)	P2 (%)	P3 (%)	P4 (%)
02650019	Lebon Régis	0,91	0,36	0,20	0,14
02651001	Vargem Bonita			0,05	0,03
02651036	Macieira		22,74	12,51	8,88
02651042	Caçador	75,61	32,06	17,37	12,34
02651044	Calmon	15,68	6,99	3,79	2,69
02651052	Salto Veloso	3,64	2,55	19,25	13,68
02750016	Fraiburgo	3,06	2,37	4,80	3,41
02751002	Campos Novos			3,69	7,29
02751004	Joaçaba			7,59	11,11
02751012	Capinzal				5,76
02751016	Videira		14,53	14,49	10,29
02751018	Marcelino Ramos				2,36
02751020	Joaçaba Aeroporto			2,76	6,58
02751021	Jaborá				0,47
02751022	Videira (Irakitan)		10,71	9,09	6,46
02751024	Videira Celesc	1,09	7,68	4,41	3,14
02751028	Piratuba Tractebel				1,36
02751029	Ouro				4,00
02752005	Concórdia				0,00

4. Conclusões

A aplicação do software *AutoCad* mostrou-se eficaz porém trabalhosa em função da repetição dos procedimentos para cada uma das quatro sub-bacias quando da entrada em operação de uma nova estação (9 diferentes períodos).

No trabalho, a obtenção da área de influência de cada estação pluviométrica pelo método dos polígonos de Thiessen por intermédio de SIG deu celeridade e precisão aos resultados.

A incorporação de novas estações a partir do ano de 1976 para a obtenção da precipitação média foi possível, contemplando as respectivas alterações de peso, com a aplicação do método dos polígonos de Thiessen para cada situação em particular (sub-bacia, localização geográfica da estação pluviométrica e entrada em operação).

A partir do ano de 2002 são dezenove as estações pluviométricas com área de influência na bacia rio do Peixe/SC. Destacam-se: Salto Veloso (13,68%); Caçador (12,34%); Joaçaba (11,11%); Videira (10,29%); Macieira (8,88%) e Campos Novos (7,29%). Treze estações complementam 36,4% da área restante da bacia contribuindo para a representação espacial na bacia, com referência à incidência de precipitação.

Referências

Agência Nacional de Águas - HidroWeb. **Séries Históricas – estações pluviométricas e fluviométricas**. 2006. Disponível em: <www.hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb>. Acesso em: maio de 2006.

CECÍLIO, Roberto Avelino. **Precipitação**. Disponível em: <www.nedtec.ufes.br/prof/Roberto/disciplinas/manejo/03%20-%20Precipitação.pdf>. Acesso em out. 2006.

Comitê rio do Peixe. **Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicados à Bacia Hidrográfica do rio do Peixe**. Convênio SDM/UNOESC 2801/2002-0. Joaçaba: SDM/UNOESC, 2002.

Dartiguenave, Christine and D.R. Maidment, 1996. **Computing the Mean Areal Precipitation**. Center for Research in Water Resources. The University of Texas at Austin, Department of Civil Engineering, Austin, Texas. Disponível em: <<http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/ce394k/rainfall/rainfall.htm>>. Acesso em out. 2006.

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). **Mapas digitais de Santa Catarina**. 2005. Disponível em: <http://ciram.epagri.rct-sc.br/ciram/comum/produtos/mapoteca_digital/index.jsp>. Acesso em: 5 abr. 2005.

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Dados hidrometeorológicos**. 2006.

Gomig, Karla. **Classificação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio do Peixe/SC, utilizando imagem de satélite**. Estágio supervisionado II. Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Oeste de Santa Catarina. Joaçaba, 2006.

Pedrazzi, J.A. **FACENS – Hidrologia Aplicada**. Disponível em: <<http://www.facens.br/site/alunos/download/hidrologia>>. Acesso em 15 fev. 2004.

Rezende, F. A. V.; Almeida, R. M.V.; Nobre, F. F. **Defining catchment areas for public hospitals in the Municipality of Rio de Janeiro through Weighted Voronoi Diagrams**. Cad. Saúde Pública., Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2000000200017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 Nov 2006.

UniCEUB - Centro Universitário de Brasília. Curso de Geografia. **Sistema de Informações Geográficas – SIG**. Disponível em: <www.geografia.uniceub.br/SIG.pdf>. Acesso em out. 2006. Acesso em out. 2006.