



## Polígonos de Thiessen para a bacia hidrográfica do rio da Várzea, no Rio Grande do Sul

**Géssica Weber Casado<sup>1</sup>, Lidiane Bittencourt Barroso<sup>2</sup>, Fabiana Perotto da Silva<sup>3</sup>, Delmira Beatriz Wolff<sup>4</sup>, Jussara Cabral Cruz<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria (gessyk\_weber@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria (lidianebarroso@ctism.ufsm.br)

<sup>3</sup> Centro Universitário Franciscano (perotto.fabiana@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria (delmirawolff@hotmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Santa Maria (jussaracruz@gmail.com)

### Resumo

A distribuição das chuvas no espaço e no tempo é de fundamental importância para gerenciamento dos recursos naturais. Por isto surge a necessidade de estudos regionais para caracterização das chuvas. Este estudo apresenta informação consistente, baseada em séries pluviométricas históricas, do traçado dos polígonos de Thiessen para a bacia hidrográfica do rio da Várzea. O *software* utilizado para obtenção dos polígonos foi o Hydraccess, o qual se apresentou bastante funcional para o estudo proposto. Neste estudo, verificou-se que a obtenção das áreas de influência de cada estação pluviométrica por meio do método dos polígonos de Thiessen, proporciona maior rapidez e precisão aos resultados.

**Palavras-chave:** Precipitação Média. Séries Pluviométricas. Hydraccess.

**Área Temática:** Recursos Hídricos

### Abstract

The rainfall distribution in space and time is of fundamental importance for natural resource management. Hence arises the need for studies to characterize the regional rainfall. This study presents consistent information based on historical rainfall series tracing the Thiessen polygons for the river basin of Várzea. The software used to obtain the polygons was Hydraccess, which appeared very functional for the proposed study. In this study, we found that the acquisition of the areas of influence of each rainfall station by the method of Thiessen polygons, provided greater speed and accuracy of the results

**Key words:** Average Rainfall. Rainfall Series. Hydraccess.

**Theme Area:** Water Resources



## 1 Introdução

Nos estudos hidrológicos o conhecimento da distribuição e variação da precipitação, tanto no tempo como no espaço, é imprescindível. A precipitação é o elemento climático de maior importância na erosão hídrica dos solos, devido à ação exercida pelo impacto das gotas da chuva e pelo escoamento superficial iniciado a partir desta (FOSTER, 1982). A sazonalidade e espacialização da chuva interferem na preservação do solo, bem como no planejamento de atividades agrícolas. A previsão da ocorrência de cheias e a quantificação dos efeitos destas sobre as cidades e culturas agrícolas são de fundamental importância para o planejamento das atividades humanas.

Para calcular a precipitação média de uma superfície qualquer, é necessário utilizar as observações dos postos dentro dessa superfície e nas suas vizinhanças. Conforme Villela e Mattos (1975) existem três métodos para determinação da altura média de precipitação de uma área específica: 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. Esse método dá bons resultados quando o terreno não é muito acidentado. Consiste em dar pesos 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 (PINTO et al., 1976).

As análises Thiessen, também conhecidas como análises do diagrama de *Voronoi* ou *Tesselação de Delaunay* podem ser obtidos com desenho manual, com o uso de *AutoCad* mas de forma facilitada pelo uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), no *software* Hydraccess. Em comparação com outros *softwares* que apresenta as mesmas funcionalidades, a originalidade do Hydraccess é calcular os valores médios dinamicamente para séries temporais contidos em um arquivo do Microsoft Office Excel.

A previsão da distribuição espacial e temporal das chuvas baseada em séries históricas fornece dados consistentes para estudos como estimativa de evapotranspiração, fixação de carbono pela vegetação e perda de solo, auxiliando ainda em estudos agrometeorológicos diversos. Sendo assim, o objetivo deste estudo é obter a precipitação média da bacia hidrográfica do rio da Várzea, localizada na região norte do estado do Rio Grande do Sul, através do traçado dos polígonos de Thiessen com o uso do *software* Hydraccess.

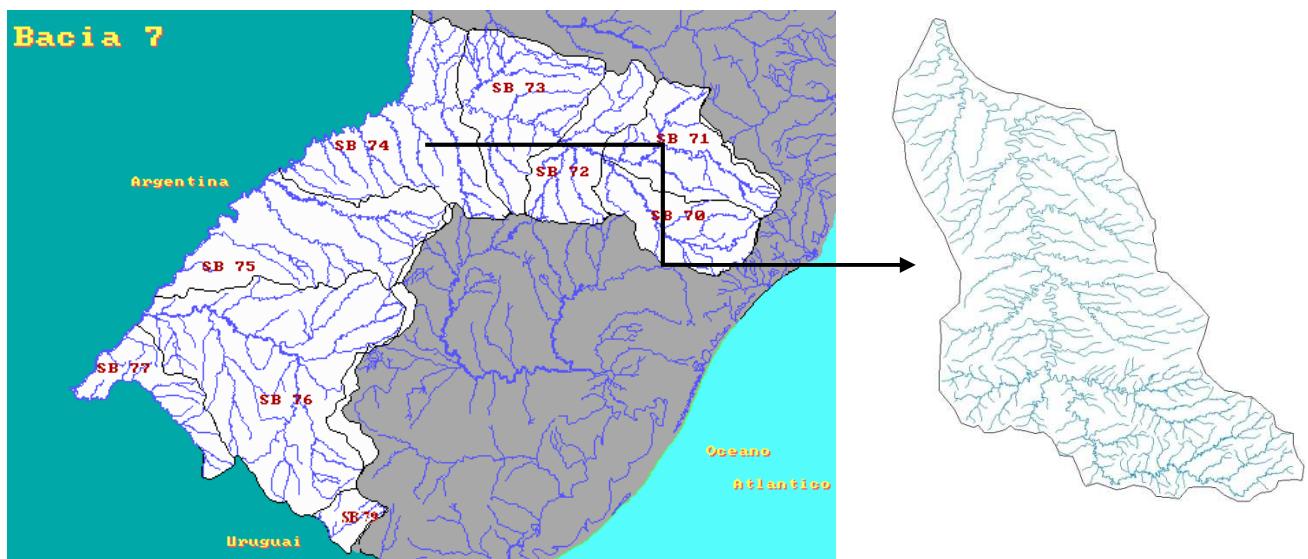
## 2 Metodologia

A bacia hidrográfica do rio da Várzea está localizada entre as coordenadas geográficas 27°00' a 28°20' de latitude Sul e 52°30' a 53°50' de longitude Oeste, abrangendo a Província Geomorfológica Planalto Meridional. Segundo a classificação da Agência Nacional das Águas (ANA) pertence à bacia do rio Uruguai (código 7) e está inserida na sub bacia 74-Uruguai, Várzea, Turvo e outros, conforme pode ser observado na figura 1.

A delimitação da área de contribuição da bacia estudada foi realizada no SIG ArcGis 9.3, com o auxílio de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), esta delimitação foi discutida mais detalhadamente em Casado et al. (2011).



Figura 1 – (a) Localização da bacia hidrográfica 74 no Rio Grande do Sul; (b) delimitação da bacia do rio da Várzea.



A metodologia para traçar os polígonos de Thiessen apresentada por Tucci (1997) é composta pelas seguintes etapas:

- os postos são interligados por trechos retilíneos;
- traçam-se linhas perpendiculares aos pontos médios de cada linha que interliga os dois postos;
- prolonga-se estas linhas até que as mesmas se interceptem; e
- define-se o polígono pela intersecção das linhas, o qual corresponde à área de influencia de cada posto.

Para o traçado dos polígonos de Thiessen, inicialmente foi obtido o inventário disponibilizado *online* pelo Sistema de Informações Hidrológicos da Agência Nacional de Águas via HidroWeb (2011), o qual apresenta 42 estações pluviométricas inseridas na sub bacia 74, das quais foram selecionadas 21 estações que exercem influência sobre a bacia do rio da Várzea.

Na figura 2 é possível observar a localização de todas as estações pluviométricas da sub bacia 74, no *software* Hydraccess. Para localização destas estações foi criada no Microsoft Office Excel uma planilha denominada multi-estações, a qual contém os códigos e nomes das estações, as coordenadas e os dados cronológicos.

O período analisado foi de 1978 a 1987, tendo em vista que era o período que continha o maior número de dados referentes aos valores das precipitações médias.

O critério estabelecido para verificar se a estação pluviométrica exerce influência sobre a bacia do rio da Várzea, foi estar posicionada dentro do contorno da delimitação da bacia e ao seu redor, pois dependendo da posição da estação ela também exerce influência na bacia, conforme se identifica na figura 3.

No quadro 1 estão descritas as estações pluviométricas que exercem influência na bacia do rio da Várzea.



## 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Figura 2 - Dispersão dos postos pluviométricos da sub bacia 74.

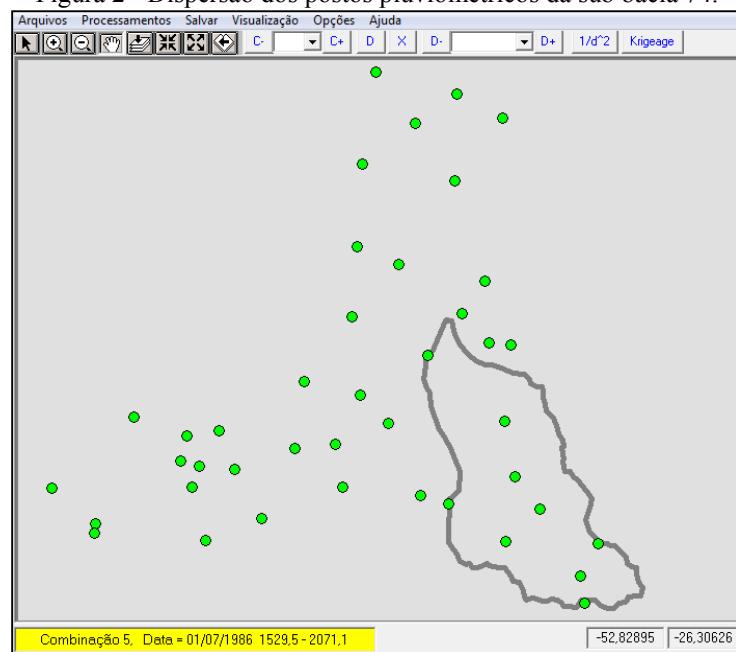
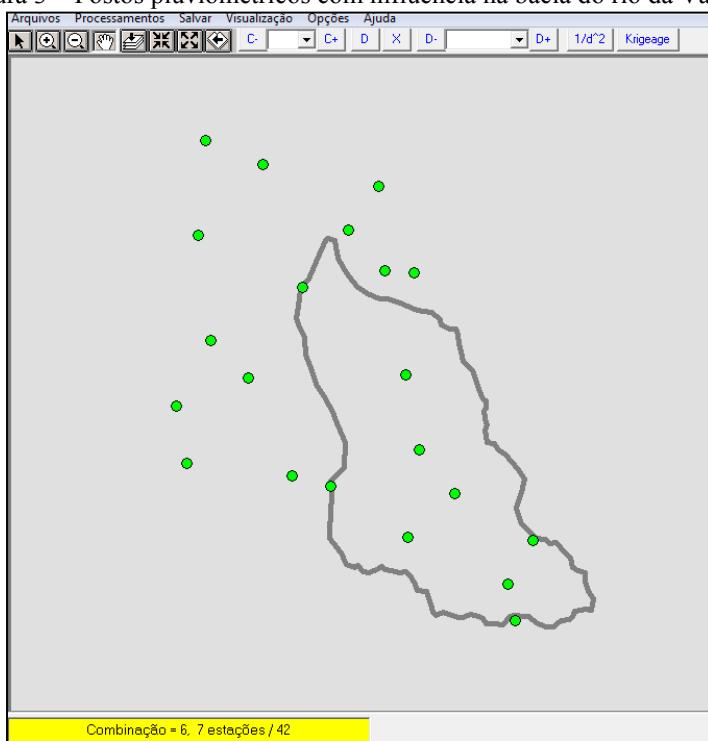


Figura 3 – Postos pluviométricos com influência na bacia do rio da Várzea.





### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Quadro 1 – Descrição dos postos pluviométricos com influência na bacia do rio da Várzea.

Código da Estação	Nome do Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
2752013	Sarandi	-27:56:00	-52:55:00	500
2753002	Frederico Westphalen	-27:21:00	-53:24:00	530
2753004	Sarandi	-27:48:42	-53:01:40	350
2753014	Liberato Salzano	-27:35:57	-53:04:17	378
2753015	Palmeira das Missões	-27:54:48	-53:18:39	610
2852006	Carazinho	-28:17:36	-52:43:27	570
2852007	Carazinho	-28:11:21	-52:44:45	593
2852022	Passo Fundo	-28:04:00	-52:40:00	660
2853026	Chapada	-28:03:31	-53:03:58	450
2653030	Tunapolis	-26:56:6	-53:42:23	-
2753003	Iraí	-27:11:20	-53:15:12	247
2753005	Palmeira das Missões	-27:53:0	-53:26:0	634
2753006	Palmitos	-27:3:52	-53:9:25	400
2753007	Santo Augusto	-27:51:0	-53:46:0	520
2753010	Ervá Seco	-27:36:24	-53:34:24	-
2753018	Santo Augusto	-27:54:16	-53:45:14	448
2753016	Miraguai	-27:30:3	-53:41:33	502
2753024	Vista Gaucha	-27:12:12	-53:43:47	493
2753025	Planalto	-27:41:15	-53:48:7	475
2753026	Planalto	-27:18:30	-53:2:38	545
2754001	Três Passos	-27:18:7	-54:8:22	120

Fonte: Adaptado de HidroWeb (2011).

A ferramenta *spatial* do software Hydracccess permite, por meio do método dos polígonos de Thiessen, determinar para cada estação, sua zona de influência e seu coeficiente de influência chamado coeficiente de Thiessen. Além disso, este método considera que, em qualquer ponto da bacia é a estação mais próxima que tem uma influência total sobre esse ponto. Isto leva a desenhar polígonos de influência em torno de cada estação, chamada de polígonos Thiessen.

Chama-se coeficiente de Thiessen de uma estação a superfície de seu polígono de influência dividida pela superfície total da bacia, em que, por definição a soma destes coeficientes de Thiessen é igual a 1.

Conforme Braz et. al. (2007), quando são determinados os coeficientes de Thiessen, obtém-se um valor médio sobre a bacia fazendo uma soma dos produtos dos valores observados em cada estação pelo coeficiente de Thiessen da estação. A precipitação média sobre a bacia é calculada segundo a equação (1):

$$Pm = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n Ai.Pi \quad \text{equação (1)}$$

em que:  $A_i$  é a área de influência do  $i$ -ésimo posto pluviométrico,  $P_i$  é a precipitação registrada no  $i$ -ésimo posto pluviométrico e  $A$  é a área total.

Conforme afirma Porto et. al (2011), o método dos polígonos de Thiessen dá bons resultados em terrenos levemente acidentados, quando a localização e exposição dos pluviômetros são semelhantes e as distâncias entre eles não são muito grandes. O referido método facilita o cálculo automatizado, já que uma vez estabelecida à rede, os valores de  $A_i$  permanecem constantes, mudando apenas as precipitações  $P_i$ .



### 3 Resultados

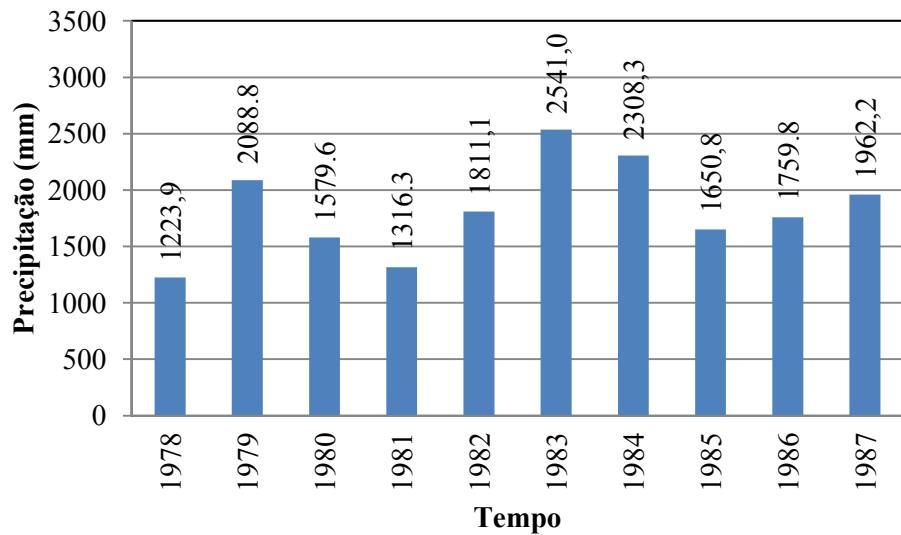
Na tabela 1 observam-se as precipitações médias obtidas pelos métodos da média aritmética e pelo método de Thiessen, comparando os dois métodos, verifica-se que há uma diferença aceitável menor do que 10%.

Tabela 1 – Precipitações médias obtidas pelos métodos em estudo.

Data	Número de Valores	Média Aritimética	Thiessen	Diferença
07/01/1978	14	1228,8	1223,9	0%
07/01/1979	14	2128,3	2088,8	-1,90%
07/01/1980	14	1562,7	1579,6	1,07%
07/01/1981	15	1341,7	1316,3	-1,93%
07/01/1982	12	1816,6	1811,1	-0,30%
07/01/1983	11	2578,0	2541,0	-1,50%
07/01/1984	11	2147,1	2308,3	7%
07/01/1985	11	1662,4	1650,8	-0,70%
07/01/1986	7	1786,4	1759,8	-1,51%
07/01/1987	9	1905,6	1962,2	3%

Na figura 4, verifica-se que os valores obtidos para as precipitações médias anuais na bacia do rio da Várzea, não apresentaram grandes variações ao longo do período analisado. Como o método de Thiessen não considera a influência orográfica, ele apenas admite uma variação linear da precipitação entre os postos e designa cada parcela da área para o posto mais próximo, salienta-se que a quantidade de postos existentes é um fator limitante para a utilização do método de Thiessen (PORTO et al., 2011).

Figura 4 – Precipitação média anual na bacia do rio da Várzea.



Na tabela 2 são apresentados os valores dos coeficientes de Thiessen calculados pelo software Hydraccess, os quais são utilizados para o cálculo da precipitação média na bacia.



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

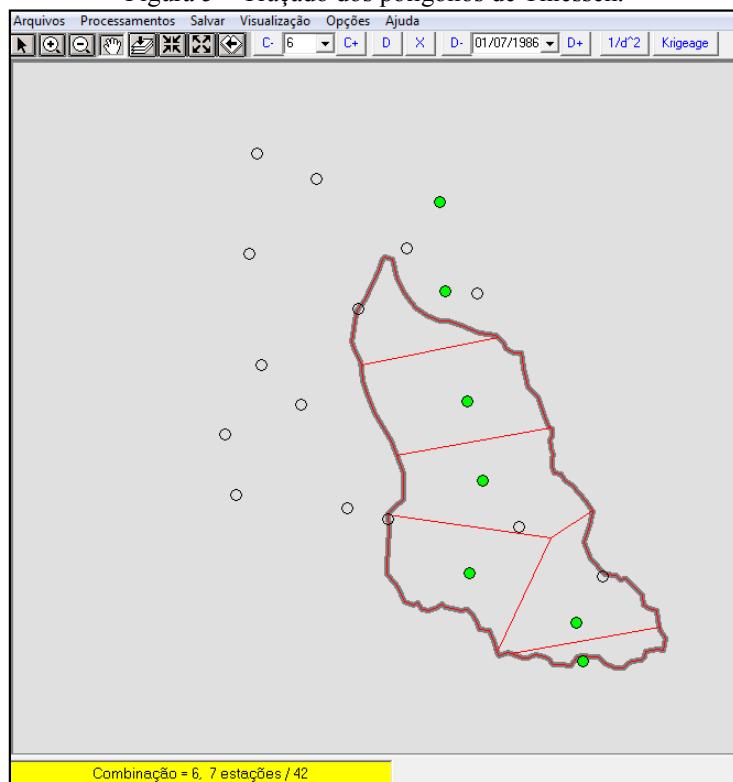
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Tabela 2 – Coeficientes de Thiessen calculados pelo *software* Hydraccess.

<b>Id Estação</b>	<b>Combinação 1</b>	<b>Combinação 2</b>	<b>Combinação 3</b>	<b>Combinação 4</b>	<b>Combinação 5</b>	<b>Combinação 6</b>
2752013	0,1164016	0,1164016	-	-	-	-
2753002	0,0774459	0,0836816	-	-	-	-
2753003	0,0065468	-	0,0238438	0,0238438	-	-
2753004	0,129745	0,129745	0,1840006	0,2009717	0,2009717	0,2325426
2753014	0,2187548	0,2187548	0,2354777	0,2354779	0,2354779	0,2404023
2753015	0,0734798	0,0734798	0,0734798	0,0734798	0,0734798	-
2753016	0	0	0,0044628	0,0044628	0,0044852	-
2754001	0,0364716	0,0367828	0,0754348	0,0754348	0,0992562	0,1024201
2852006	0,0448829	0,0448829	0,0448829	0,0458619	-	0,0458619
2852007	0,09289	0,09289	0,0946037	0,1746883	0,2205502	0,1746882
2852022	0,0698261	0,0698261	0,1018386	-	-	-
2853026	0,1335554	0,1335554	0,1619754	0,165779	0,165779	0,2040849

Na figura 5, observam-se os polígonos de Thiessen a partir do *software* Hydraccess.

Figura 5 – Traçado dos polígonos de Thiessen.



#### 4 Considerações finais

Para obtenção dos polígonos de Thiessen através da aplicação do *software* Hydraccess, obteve-se os resultados esperados com uma maior funcionalidade, uma vez que o programa permite que o usuário altere as coordenadas da estação, corrija ou adicione dados a uma série temporal de precipitação, sendo rapidamente atualizada a precipitação média da bacia.

Neste estudo, verificou-se que a obtenção das áreas de influência de cada estação pluviométrica através do método dos polígonos de Thiessen, por intermédio do *software*



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Hydraccess, proporciona maior rapidez e precisão aos resultados. Ressaltando-se que a parte mais externa da região de interpolação contém importantes e significativas incertezas no resultado e, a única forma de reduzir essas incertezas é utilizando os dados externos à região de interesse.

A vantagem apresentada pelo método de Thiessen consiste na facilidade de gerar séries de chuvas médias em uma bacia, pois o fator de proporcionalidade de cada posto é fixo e é fornecido pela geometria obtida pela posição das estações.

Salienta-se que o método a ser utilizado para obtenção da precipitação média em uma bacia, dependerá do detalhamento e precisão necessários no estudo a ser realizado, pois o método de Thiessen não considera o efeito orográfico dos acidentes geográficos e pode apresentar limitações referentes ao número de postos pluviométricos.

## 5 Referências

BRAZ, R. L.; et. al. Uso de séries históricas e técnicas de sig no estudo da distribuição temporal e espacial da pluviosidade na bacia barra seca localizada ao norte do Estado do Espírito Santo. In: XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 2007, São José dos Campos. **Anais...**, 2007. v. 14. p. 54-57.

CASADO, G. W. ; et al. Delimitação da bacia hidrográfica do rio da Várzea, no Rio Grande do Sul. In: 26ª Jornada Acadêmica Integrada, 2011, Santa Maria-RS. **Anais...** Santa Maria-RS: 26ª JAI, 2011.

HIDROWEB. Dados hidrológicos. **Séries históricas.** Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriarArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>. Acesso em 01 novembro 2011.

FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: **Hydrologic modeling of small watersheds.** St. Joseph, 1982. p.297-380.

PINTO, N. L. de S. et al. **Hidrologia Básica.** 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 279 p.

PORTO, M. M, et al. **Emprego do arcview na definição das regiões de precipitações homogêneas para o estado do Ceará.** Disponível em: [http://www.abrh.org.br/novo/ii\\_simp\\_rec\\_hidric\\_centro\\_oeste\\_campo\\_grande37.pdf](http://www.abrh.org.br/novo/ii_simp_rec_hidric_centro_oeste_campo_grande37.pdf) Acesso em: 19 de dezembro 2011.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação** 2. ed. Editora da Universidade: ABRH. Porto Alegre, 1997. 195p.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245p.