



## **Análise Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Arroio Jacaré - RS** **Geise Macedo dos Santos<sup>1</sup>, Eduardo Zattera<sup>1</sup>, Carina Adamatti<sup>1</sup>, Taison** **Anderson Bortolin<sup>1</sup>, Gisele Cemin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Caxias do Sul (gmsantos5@ucs.br; ezattera@ucs.br; csadamatti@ucs.br; tabortol@ucs.br; gcemin3@ucs.br)

### **Resumo**

Uma bacia hidrográfica pode ser entendida não só como uma porção de área delimitada por um divisor de águas, mas também como uma unidade física que reflete as ações naturais e antrópicas que nela ocorrem. Para entender a dinâmica ambiental local e regional podem ser calculados parâmetros fisiográficos da bacia. Ferramentas como Sistemas de Informações Geográficas (SIG) facilitam os cálculos desses parâmetros. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar as características fisiográficas da Bacia Hidrográfica do Arroio Jacaré, localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS, utilizando SIG. Parâmetros relacionados à forma, tamanho, topografia e rede de drenagem foram utilizados para entender o comportamento da bacia com relação à possibilidade de ocorrência de picos de enchentes. Os resultados obtidos para a bacia de estudo demonstram que essa condição é pouco provável devido ao formato alongado da bacia e do elevado tempo de concentração da bacia, fazendo com que não existam picos de vazão pronunciados. Além disso, entende-se que outros parâmetros, não incluídos neste trabalho, podem descrever o comportamento da bacia de forma mais específica.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Parâmetros fisiográficos. SIG.

Área Temática: Recursos hídricos.

## **Physiographic analysis of the Arroio Jacaré Watershed - RS**

### **Abstract**

*A watershed is not just a portion of land delimited by its topography, but also a physical unit which reflects the natural and anthropic actions occurring in it. To understand the local and regional environmental dynamics the physiographic parameters of a watershed can be determined using tools such as the Geographic Information System (GIS). Therefore, the aim of this work is to analyse the physiographic characteristics of the Arroio Jacaré watershed, located at the Rio Taquari-Antas watershed, RS, using GIS. Parameters related to form, size, topography, and drainage network were used to comprehend the response of the basin concerning the possibility of flood peaks occurrence. The results obtained to the basin showed extreme events are unlikely to happen due to the elongated form and the high concentration time to the basin, causing no output peaks pronounced. Besides, the use of other parameters, not included in this work, might represent more appropriately the watershed's behavior and lead to more reliable results.*

*Key words: Watershed, Physiographic Parameters, GIS.*

*Theme Area: Water Resources.*



## 1 Introdução

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma área de terra drenada por um curso d'água e limitada por divisores de água (PÉRICO et al., 2011). A bacia pode ser entendida como uma unidade física que reflete as ações naturais e antrópicas ao longo de sua área, como topografia, clima, uso e cobertura do solo, entre outras (FISTAROL, 2015). Tucci (1997) descreve uma bacia hidrográfica como um sistema físico com entradas (precipitação), saídas (escoamento) e perdas por infiltração profunda e evapotranspiração, ao longo da bacia.

Teodoro et al. (2007) comentam que a caracterização fisiográfica de uma bacia hidrográfica se constitui em um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, com o intuito de entender a dinâmica ambiental local e regional. Isso porque os parâmetros fisiográficos das bacias hidrográficas estão relacionados ao ciclo hidrológico em todas as suas fases (PRADO, 2010).

Devido a sua importância ambiental, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433/97, adota a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão (BRASIL, 1997).

Parâmetros como área da bacia, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial, coeficiente de circularidade, ordenamento de Strahler, declividade média da bacia, tempo de concentração, fornecem características físicas relacionáveis com outras bacias. Estes parâmetros permitem também revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, facilitando o entendimento das alterações ambientais. (SOUZA et al., 2013).

Neste aspecto, o uso dos sistemas de informações geográficas (SIG) para a obtenção de dados fisiográficos de uma bacia hidrográfica permite um processamento rápido, de qualidade, e de forma menos dispendiosa. (MAGALHÃES, 2014).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar as características fisiográficas da Bacia Hidrográfica do Arroio Jacaré, localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS, utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

## 2 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Arroio Jacaré engloba sete municípios do estado do Rio Grande do Sul, como pode ser observado na Figura 1. A área de estudo está inserida na bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, mais precisamente, trecho Antas, pertencendo a Bacia Hidrográfica Atlântico Sul (Figura 2).

A região possui uma classificação climática Cfb (Köppen-Geiger), ou seja, clima temperado, com precipitações em todos os meses do ano, apresentando uma temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C, temperatura média do mês mais quente superior à 10°C e estações de verão e inverno bem definidas.



Figura 1 – Localização da área de estudo.

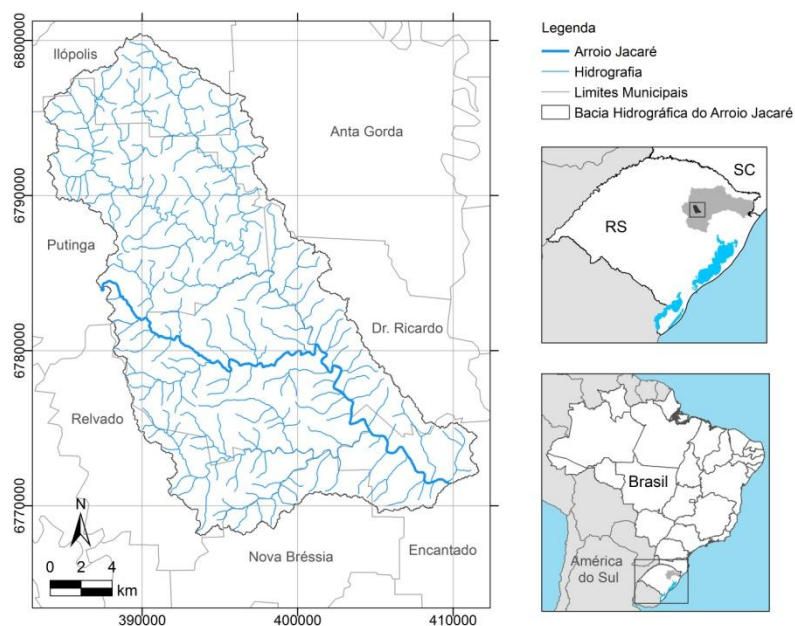
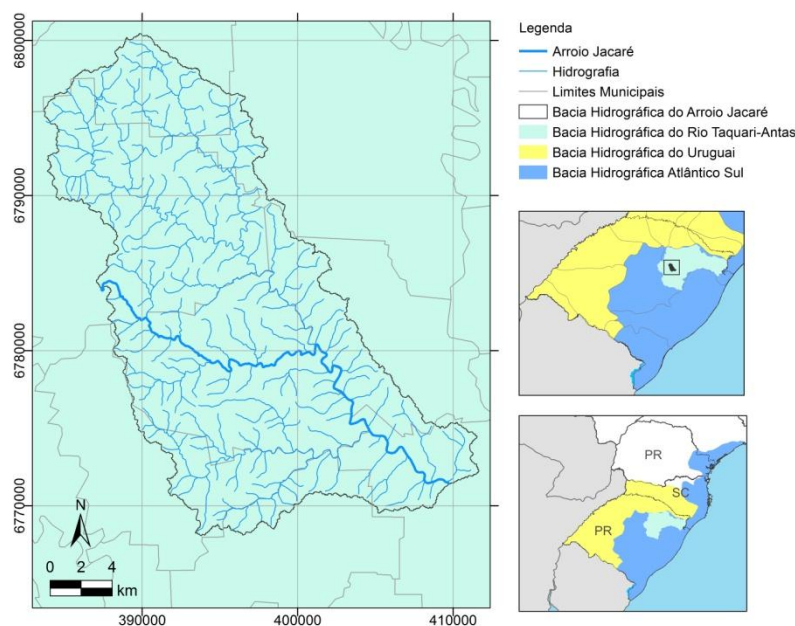


Figura 2 – Bacias Hidrográficas do RS.



### 3 Metodologia

Neste trabalho foram usados os softwares Idrisi Selva e ArcMap 10 para delimitação e cálculo dos parâmetros fisiográficos, sendo acrescentado o módulo *Integrated Water Management*, desenvolvido pela Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX), para o software Idrisi, que facilita o cálculo dos parâmetros fisiográficos analisados no estudo. Para a delimitação da bacia foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) do satélite SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) do estado do Rio Grande do Sul, adaptado por



Weber (2004). A partir do MDE, foram calculados os seguintes parâmetros fisiográficos:

- Área da bacia (A): é toda área drenada pelo sistema pluvial inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal, expressa em km<sup>2</sup> (TONELLO, 2005 *apud* SOUZA et al., 2013);
- Perímetro (P): Consiste no comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas (TONELLO, 2005 *apud* SOUZA et al., 2013), medida em km;
- Ordenamento de Strahler: reflete o grau de ramificação da rede de drenagem dentro de uma bacia, sendo utilizada a metodologia de Strahler (1964) onde, todos os canais sem tributários são de primeira ordem, na confluência entre dois canais de primeira ordem origina um de segunda assim sucessivamente. A ordem da bacia será determinada pelo canal de ordem maior (FISTAROL, 2015);
- Número total de segmentos de drenagem (Nt): expressa o número total de cursos d'água na bacia hidrográfica (FRANÇA, 1990), expresso em segmentos;
- Comprimento total da rede de drenagem (Lt): é a soma de todos os comprimentos de rios da bacia hidrográfica, expresso em quilômetros (km) (VIECELI et al., 2013);
- Coeficiente de compacidade (Kc): consiste na relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de mesma área (CARVALHO, 2009) e pode ser calculado a partir da seguinte equação, resultando em um índice adimensional;

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- Índice de circularidade (Ic): similar ao o coeficiente de compacidade, o Ic indica a proximidade da forma da bacia a um círculo (VIECELI et al., 2013), também é adimensional e pode ser calculado pela equação que segue;

$$Ic = \frac{4 \pi A}{P^2}$$

- Densidade de drenagem (Dd): razão entre o comprimento total de rede de drenagem e a área da bacia (PÉRICO, 2011), expresso em km/km<sup>2</sup>, calculado pela seguinte equação;

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

- Densidade de rios (Dr): razão entre os canais de primeira ordem (Ordenamento de Strahler) e a área da bacia (PÉRICO, 2011), dado em segmentos/km<sup>2</sup>;

$$Dr = \frac{Nu_{1^\circ \text{ ordem}}}{A}$$

- Densidade de confluências (Dc): razão entre a quantidade de confluências e a rede de drenagem da bacia (TUCCI, 1997);

$$Dc = \frac{n^\circ \text{ confluências}}{Lt}$$

- Extensão média de escoamento (Les): a distância média que a água precipitada teria que escoar sobre uma bacia, em linha reta, do local onde ocorre sua queda, até um local mais próximo no leito de curso d'água (VILELLA e MATTOS, 1975 *apud* SOUZA et al. 2013), medida em km e calculada como segue;

$$Les = \frac{A}{4Lt}$$



- Tempo de concentração (tc): tempo que uma gota que cai no ponto mais distante da bacia hidrográfica, leva para atingir a seção em estudo. Calculado pela manipulação da equação de Kirpich para resultar em horas (MELO et al., 2010), depende do comprimento do rio principal e da sua declividade;

$$tc = \left( \frac{0,294 L}{\sqrt{i}} \right)^{0,77}$$

- Coeficiente de manutenção (Cm): a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (VIECELI et al, 2013), resulta em km<sup>2</sup>/km;

$$Cm = \frac{1}{Dd}$$

- Declividade média da bacia (S): inclinação média da bacia analisada, medida em porcentagem (%);
- Curva Hipsométrica: curva representando a variação de altitude do rio principal ao longo do seu comprimento.

#### 4 Resultados

Na Tabela 1 podem ser visualizados os resultados obtidos para os parâmetros fisiográficos da bacia analisada. Na Figura 3 está o Ordenamento de Strahler, enquanto na Figura 4 está a curva hipsométrica do rio principal.

Tabela 1 – Parâmetros fisiográficos

Parâmetro	Símbolo	Unidade	Resultado
Área da bacia	A	km <sup>2</sup>	433,48
Perímetro	P	km	151,14
Número total de segmentos de drenagem	Nt	segmentos	409
Comprimento total da rede de drenagem	Lt	km	541,91
Coeficiente de compacidade	Kc	adimensional	2,05
Índice de circularidade	Ic	adimensional	0,24
Densidade de drenagem	Dd	km/km <sup>2</sup>	1,25
Densidade de rios	Dr	segmentos/km <sup>2</sup>	0,48
Densidade de confluências	Dc	segmentos/km	0,38
Extensão média de escoamento	Les	km	0,20
Tempo de concentração (Kirpich)	tc	horas	7,19
Coeficiente de manutenção	Cm	km <sup>2</sup> /km	0,80
Declividade média da bacia	S	%	24,36

Fonte: os autores

Tabela 2 – Ordenamento de Strahler

Ordem	Número de Segmentos
1º	206
2º	103
3º	48
4º	31
5º	21
Total	409



Figura 3 – Ordenamento de Strahler

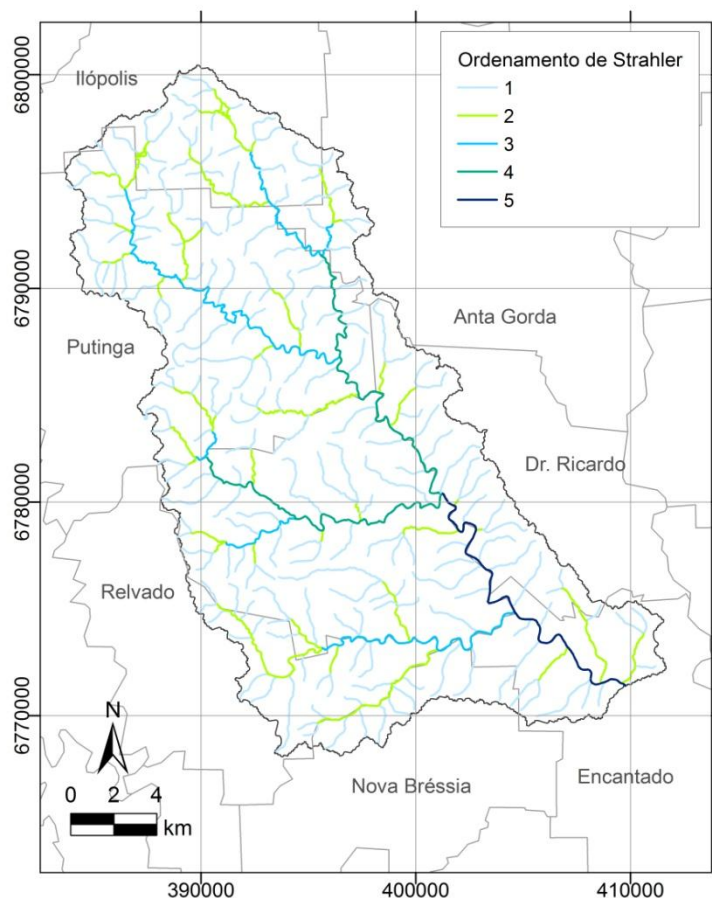
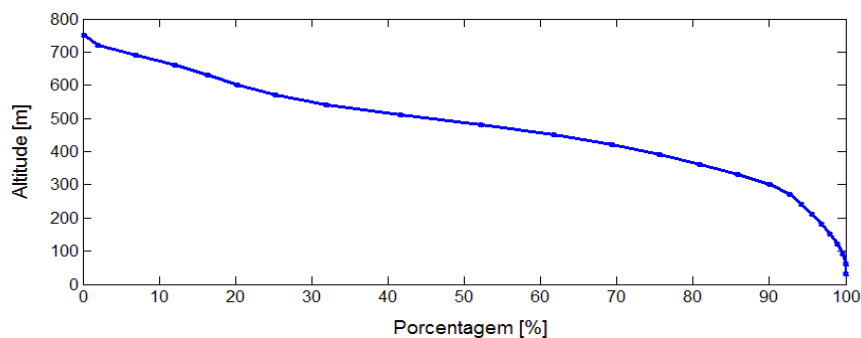


Figura 4 – Curva Hipsométrica



Analisando os resultados, é possível perceber tanto nas figuras que mostram a bacia analisada, quanto nos parâmetros  $K_c$  e  $I_c$ , que o formato da bacia é alongado, pois valores superiores a uma unidade para  $K_c$  indicam uma bacia alongada e valores inferiores à unidade para  $I_c$  também se traduzem em uma bacia alongada. Isso implica em uma menor possibilidade de enchentes.

Para o Ordenamento de Strahler, foram encontrados 206 canais de primeira ordem, sendo a bacia classificada como de quinta ordem. O grande número de canais de primeira ordem pode ser justificado através da Figura 3, na qual é possível ver que a rede hidrográfica da bacia é formada principalmente por canais de primeira ordem confluindo com canais de maior ordem, o que impede um acréscimo na ordem da bacia.





De acordo com Carvalho e Silva (2006) apud Cardoso (2014), a densidade de drenagem (Dd) da bacia ( $1,25 \text{ km/km}^2$ ), corresponde a uma classificação regular. A densidade de rios (Dr), resultante em  $0,48 \text{ segmentos/km}^2$ , tem importância no entendimento do processo de desenvolvimento da rede hidrográfica, naturais ou antrópicos, já que, ao serem prolongados os canais de modo artificial, aumenta-se a área da bacia e o comprimento total dos canais, mas não o número dos mesmos (VIECELI et al., 2013). Em redes de canais naturais este índice é sempre superior ao de densidade de drenagem (MILANI; CANALI, 2000 apud VIECELI et al., 2013), sendo observada esta condição na bacia analisada.

O comprimento médio de escoamento (Les) de 200 metros, é superior ao indicado por Olszewski et al. (2011) apud Vieceli et al. (2013), na ordem de 100 metros. Este parâmetro está relacionado com a possibilidade de alagamentos em períodos de chuvas intensas, causados pela menor possibilidade de infiltração de água no solo, devido a uma menor área.

Entretanto, devido ao alto tempo de concentração (tc) da bacia assim, como para os demais parâmetros, a bacia é pouco suscetível a alagamentos.

O coeficiente de manutenção (Cm) indica a área de contribuição necessária para a sustentação de um quilômetro linear do canal, sabendo que Stipp et al. (2010), discorrem que estes para essa grandeza de valores, pode-se atribuir uma boa capacidade de recarga hídrica, além de sugerir que a bacia é pouco sujeitas a inundações (VIECELI et al., 2013).

## 5 Conclusões

Analisando todos os parâmetros conjuntamente, pode-se concluir que a Bacia Hidrográfica do Arroio Jacaré, possui um formato alongado, com uma densidade de drenagem regular, elevado comprimento médio de escoamento e tempo de concentração, que contribuem para uma pequena possibilidade de enchente na área da bacia.

Em função da elevada quantidade de confluências, o ordenamento de Strahler indicou uma bacia de quinta ordem. Isso se deve a uma grande quantidade de canais de primeira ordem confluindo com canais de ordens superiores, já que existe um número muito superior de canais de menores ordens em comparação a grandes ordens.

O uso de SIG para a análise fisiográfica da bacia se mostrou interessante, no sentido de o tempo de preparo dos dados e processamento dos mesmos ser bastante pequeno e a execução das mesmas, não apresentarem dificuldades.

A análise da bacia pode ser melhorada acrescentando-se outros parâmetros como uso e cobertura do solo e declividade de toda a bacia, o que permite um entendimento mais claro do comportamento de áreas específicas da bacia.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 23 ago. 2015

BRASIL. Congresso Nacional. Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CARDOSO, F. A. C.; PAULA, D. L. P. de; VIEIRA E. M. Caracterização Fisiográfica da Bacia do Rio do Peixe empregando SIG (Sistemas De Informações Geográficas). Anais V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte – MG, 2014.



CARVALHO, W. M. DE C.; VIEIRA, E. DE O.; ROCHA, J. M. J.; PEREIRA, A. K. DOS S.; CARMO, T. V. B. **Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Malheiro, no município de Sabará – MG.** Revista Irriga, v.14, n.3, p.398-412, 2009.

FISTAROL, P. H. B.; BRANDOLFF, R. de S.; SANTOS, J. Y. G. dos. **Análise Fisiográfica da Bacia do Rio de Ondas – BA.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 2015.

FRANÇA, G. V.; DEMATTÊ, J. A. M. **Parâmetros da Rede de Drenagem de Solos da Região de Iracemápolis.** Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Oueiroz". Piracicaba, 1990.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MAGALHÃES, P. S. et al. **Análise Fisiográfica da Sub-Bacia de Transição do Rio das Contas, Bahia, Brasil.** REDE – Revista Eletrônica Prodema. Fortaleza, Brasil, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014.

MELO, A. R. P. et al. **Comparativo do Tempo de Concentração no Resultado da Vazão de uma Bacia Hidrográfica, através do Método Racional ( $A \leq 4 \text{ km}^2$ ).** Faculdade de Engenharia de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; MOHR, L. R. S. (2012). **Fisiografia da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, sul do Brasil.** *Scientia Plena*, v. 8, n. 9.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M.; FERREIRA, C. G. **Mapeamento e caracterização dos fatores fisiográficos da bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de barra bonita – SP.** Revista Caminhos de Geografia. Uberlândia v. 11, n. 36 p. 237, 2010.

SOUZA, H. B. et al. **Análise fisiográfica da Microbacia Hidrográfica Dois Córregos, Selvíria - MS, Brasil.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.

TEODORO, V. L. I. et al. **O Conceito De Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista Uniara, Araraquara, SP, n. 20, 2007.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. 943 p.

VIECELI, N. et al. **Avaliação da Fisiografia de Bacias Hidrográficas de Caxias do Sul, RS.** Anais XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves - RS, 2013.

Weber, E.; Hasenack, H.; Ferreira, C.J.S. 2004. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação.** Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-02-9. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>.