

**COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS
TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM**

M. Rizzatti¹, R. Cassol², I. T. Costa³, N. L. Batista⁴

¹ Departamento de Geociências/Universidade Federal de Santa Maria,
geo.mauricio.rizzatti@gmail.com

² Prof. Dr. do Departamento de Geociências/Universidade Federal de Santa Maria,
rtocassol@gmail.com

³ Departamento de Geociências/Universidade Federal de Santa Maria,
iagoturba@hotmail.com

⁴ Departamento de Geociências/Universidade Federal de Santa Maria,
natilbatista3@gmail.com

RESUMO

A utilização de mapas que envolvem as características físicas do espaço geográfico é fundamental para o seu planejamento, uma vez que possibilita a visualização e a análise da distribuição espacial dos elementos e aspectos ambientais na área de estudo. Partindo dessa premissa, o presente trabalho tem como objetivo comparar a área (hectare) e o perímetro (metros) dos limites da bacia hidrográfica do Arroio Cadena, gerados com a vetorização nas cartas topográficas – DSG, de escala 1:50.000, e pela ferramenta TauDEM (que permite análise hidrológica, isto é, delimitação de bacias e subbacias hidrográficas, bem como da rede de drenagem utilizando um modelo digital de elevação). Especificamente pretende-se: inferir visualmente pela superposição das camadas a semelhança e as diferenças dos divisores de águas confeccionados de maneiras distintas; mensurar o comprimento do rio principal (Arroio Cadena) em metros por meio das cartas topográficas – DSG e pela ferramenta TauDEM; e analisar de forma geral e pontual as principais diferenças apresentadas através da digitalização pelas cartas topográficas-DSG e pelo TauDEM. Para a área de estudo, conclui-se, que o TauDEM, apesar de ser uma importante ferramenta de análise espacial apresenta imprecisões não existentes nas Cartas Topográficas do Exército.

Palavras-chaves: Bacia hidrográfica; TauDEM; QGIS.

1. INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas veem contribuindo nas últimas décadas na disseminação de novas formas de linguagem e comunicação, eclodindo principalmente no período posterior a Guerra Fria. Desta forma, podemos destacar as imagens orbitais (ou imagens de satélites naturais) e o Sistema de posicionamento Global (GPS).

No século XX, especialmente, a partir do fim da Guerra Fria, a linguagem dos mapas fica associada à era da informação. A tecnologia tornou a confecção de um mapa de uma forma mais rápida, através do sistema de informações geográficas, que dialoga

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

com uma série de fontes espaciais, como por exemplo as imagens de satélite e o GPS. A coleta, o armazenamento, a recuperação, o processamento, a análise e a síntese dos dados, permite uma representação capaz de revelar informações sobre lugares ao longo do tempo (MARTINELLI, 2009).

Desta forma, há o surgimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), construindo de certa forma um grande avanço no desenvolvimento nos modelos hidrológicos e por sua vez, potencializando a construção de diversos sistemas integrados, conectados a modelos de drenagens as bases de dados espaciais cartográficos. (CHAVES, 2002).

Neste contexto surgem alguns instrumentos de análise hidrológica, que com a utilização de um modelo digital de elevação (MDE), consegue identificar automaticamente a rede de drenagem e também o divisor de águas, por exemplo. Assim, as geotecnologias têm proporcionado meios eficazes para aquisição e para a manipulação de dados para escalas pequenas, médias e grandes, sem a necessidade de contato direto com o objeto alvo e, ainda, em tempo real para inúmeras aplicações de variados campos de conhecimento (MOREIRA, 2011).

Lanna (1995) adota a unidade territorial “bacia hidrográfica” como uma das opções para o planejamento ambiental, mostrando algumas vantagens e desvantagens. Sobre as vantagens mostra que a rede de drenagem de uma bacia pode ser capaz de indicar relações de causa-efeito. Como desvantagens, relata que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia.

Desta forma Rizzatti et al (2015) afirma que

A bacia hidrográfica se torna uma unidade de estudo ambiental essencial ao entendimento da configuração do espaço geográfico. Esse estudo pode ser realizado por meio de levantamentos cartográficos ou com base em dados disponibilizados por órgãos oficiais (RIZZATTI et al, 2015, p.359).

Com tudo, o processo de geração de dados relacionado a modelos de drenagem ganha cada vez mais velocidade e praticidade, ressaltando-se processo que se deu de forma gradual nas últimas décadas com as inovações geo-espaciais. Estes mecanismos, cada vez mais populares e integrados podem auxiliar de forma polivalente o planejamento ambiental e o manejo de recursos naturais.

Desta maneira, o uso de modelos digitais facilita a geração de dados hidrológicos. Isso é bastante utilizado para se trabalhar com bacias hidrográficas maiores, pois se torna inviável a digitalização através das cartas topográficas – DSG.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Comparar a área (hectare) e o perímetro (metros) dos limites da bacia hidrográfica do Arroio Cadena, gerados com a vetorização nas cartas topográficas e pela ferramenta TauDEM (que permite análise hidrológica).

2.2 Objetivos Específicos

- a) Inferir visualmente pela superposição das camadas a semelhança e as diferenças dos divisores de águas confeccionados de maneiras distintas;
- b) Mensurar o comprimento do rio principal (Arroio Cadena) por meio das cartas topográficas e pela ferramenta TauDEM.
- c) Analisar de forma geral e pontual as principais diferenças apresentadas através da digitalização pelas cartas topográficas e pelo TauDEM.

3. Metodologia

3.1 Caracterização geral da área de estudo

A bacia hidrográfica do Arroio Cadena está localizada no município de Santa Maria – RS (Figura 1), entre as latitudes 29°37'13''S e 29°47'51''S; longitudes 53°47'03''W e 53°57'46''W. A bacia, em sua grande parte está situada na Depressão Periférica Sul-rio-grandense e algumas de suas nascentes estão próximo ao rebordo do Planalto Meridional.

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

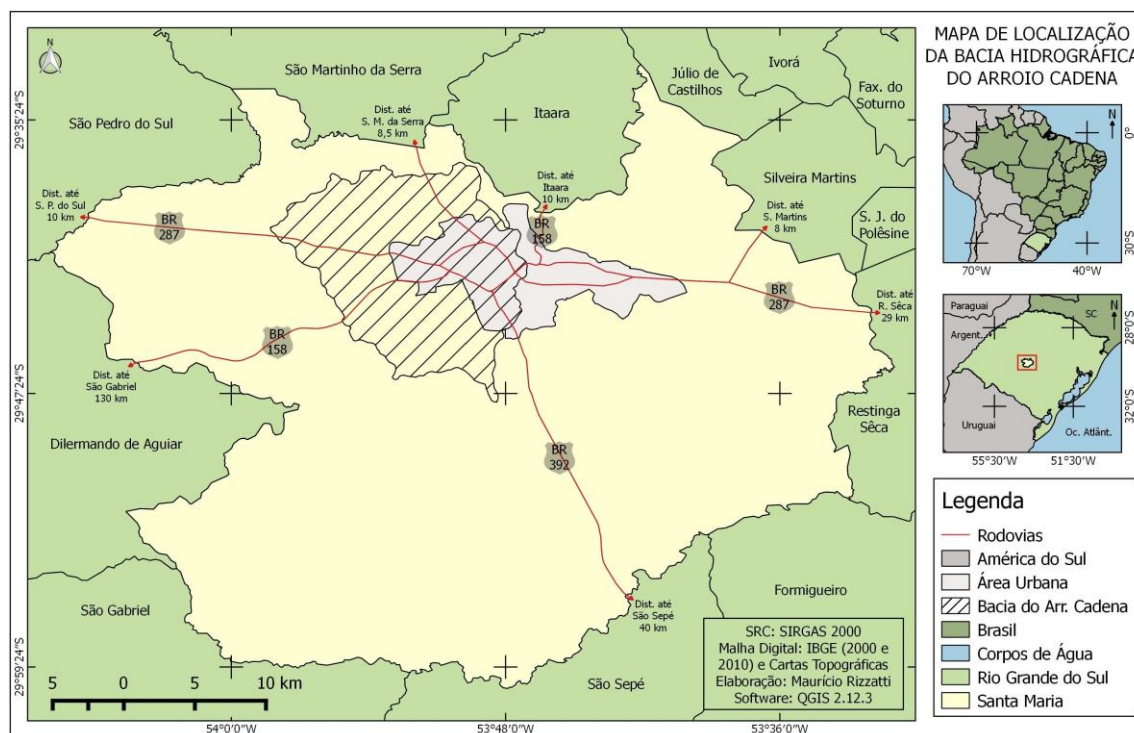


Figura – 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do Arroio Cadena Elaboração: Maurício Rizzatti

A bacia abrange parte da área urbana do município, onde possui parte de seu curso canalizado, em razão do processo de urbanização. A população de menor poder aquisitivo, sem causa definida, ocupou área próximo à drenagem, provocando total descaracterização de suas margens, ocasionando, normalmente, perdas matérias pelo rápido aumento da vazão do rio, bem como sendo uma área risco de inundação (FERNANDES, 2016).

3.2 Procedimentos metodológicos

Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico para aumentar o conhecimento pertinente a bacias hidrográficas. Conforme a pesquisa feita, foi verificado que a bacia hidrográfica do Arroio Cadena está presente em duas cartas topográficas – DSG, de escala 1:50.000. A bacia está localizada grande parte dela na carta topográfica de Santa Maria, cujo índice de nomenclatura é SH-22-V-C-IV-1 e o restante na carta Sanga das Laranjeiras (SH-22-V-C-IV-3), onde é a foz da bacia hidrográfica.

Para a confecção do mapa elaborado através da vetorização das informações baseadas nas cartas topográficas, é necessário georreferenciar ambas. O software que foi

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

utilizado é o QGIS 2.12.3 para a elaboração de todos os mapas. As cartas foram georreferenciadas conforme o sistema de referência que consta nelas (Córrego Alegre – Minas Gerais) e, posteriormente, reprojetaas para coordenadas planas, SIRGAS 2000/ UTM 22 S.

Num próximo momento, deu-se a vetorização do divisor de águas, da rede de drenagem e por fim das curvas de níveis, bem como dos pontos cotados. A ordem da drenagem foi digitalizada baseada na classificação de Sthraler. As curvas de níveis e pontos cotados foram utilizados para gerar a hipsometria do terreno. O método de interpolação utilizado é de interpolação triangular (TIN) *Clough-Toucher* (cúbica). Assim sendo, foi gerado um modelo digital de elevação (MDE) e o mesmo foi poligonizado, isto é, transformado de *raster* para vetor. No shapefile criado para delimitar a bacia hidrográfica, foi calculada a área (hectare) e o perímetro (metros). Finalizou-se no novo compositor de impressão do QGIS.

Para a elaboração do outro mapa, utilizando a ferramenta de análise hidrológica, o TauDEM, cujo um dos objetivos é gerar, através de um MDE, a rede de drenagem e o divisor de águas das bacias. Para isso, foi adquirido no site do serviço geológico norte-americano (*U.S. Geological Survey*), uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 metros. Esta imagem é o MDE de referência para a confecção do mapa utilizando o TauDEM.

No QGIS, o MDE foi reprojetaado para coordenada plana SIRGAS 2000/ UTM 22 S. Para o TauDEM não gerar informações sobre bacias hidrográficas dos municípios vizinhos, o *raster* é cortado utilizando como camada máscara o município de Santa Maria.

Trabalhando no TauDEM, a primeira ferramenta utilizada é chamada *Pit Remove* (remover depressão). As depressões são áreas de baixa altitude em modelos digitais de elevação que são completamente cercados por terrenos mais altos. Sua função é elevar a sua altitude ao nível do menor ponto de fluidez em torno de sua borda. A segunda ferramenta utilizada é o *Flow Direction* (direção de fluxo), que em outras palavras seria um modelo para geração de um mapa de orientação de vertentes. O próximo utensílio usado é chamado de *Contribution Area* (área de contribuição) que necessita do *Flow Direction* para gerar a área da bacia. O próximo passo é gerar a rede de drenagem, mas é gerado para todas as bacias hidrográficas presentes do MDE. A ferramenta usada para isso é chamada de *Stream Definition By Threshold* (definição

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

limiar para fluxo).

A seguir é necessário gerar a rede de drenagem da bacia em estudo. Para isso, foi criada uma camada *shapefile*, onde é marcado um ponto representando o exutório da bacia do arroio Cadena. Irá ser utilizada a rede de drenagem gerada no passo anterior. Após isso, foi utilizada a área de contribuição e da drenagem novamente, só que se utilizou o ponto criado anteriormente (foz da bacia), e assim foram gerados somente dados da bacia de interesse.

Como as camadas geradas são em formato *raster*, é possível transformá-la para vetor utilizando a ferramenta *Stream Reach and Watershed* (rede da grade), na qual é gerado automaticamente utilizando todas as ferramentas comentadas anteriormente, limite da bacia, rede de drenagem, limite das microbacias, e também a hierarquia dos rios.

Agora, possui-se as camadas vetoriais, é possível calcular áreas, comprimentos e perímetros. Para a hipsometria do terreno, o MDE utilizado foi cortado usando a bacia gerada pela ferramenta como camada máscara. A finalização do mapa deu-se no novo compositor de impressão do QGIS.

A superposição de camadas (limite da bacia) é confeccionada utilizando os divisores de águas elaborado através da vetorização nas cartas topográficas e na ferramenta de análise hidrológica, sendo finalizado no compositor de impressão. O mapa de localização confeccionado para ilustrar a área de estudo, tem como limite da bacia o vetorizado a partir das cartas topográficas e a camada vetorial da América do Sul e do Brasil, tem como fonte o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000 e 2010).

Para a confecção do perfil topográfico, foi coletado pontos no mapa elaborado através do MDE. O *software* QGIS 2.12.3 foi utilizado para transformar a linha do perfil e os pontos A e B (início e fim) de *shapefile* para KML, formato que o *software* Google Earth Pro executa.

4. Resultados

O mapa da bacia hidrográfica do Arroio Cadena, confeccionado por meio da vetorização das cartas topográficas – DSG (Figura 2) possui uma área de 20.930 hectares e perímetro de 69.384 metros.

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

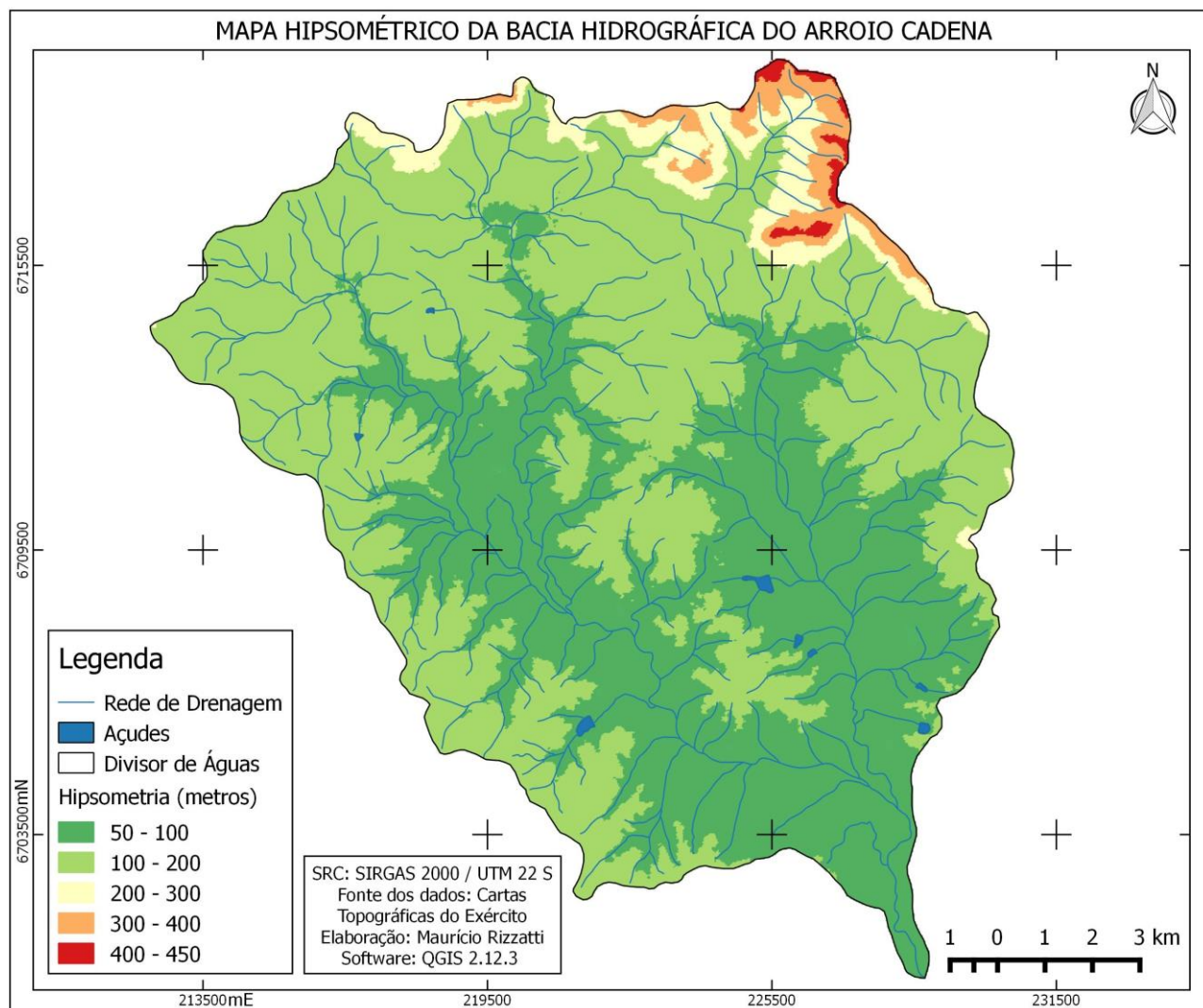


Figura – 2. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Arroio Cadena
Elaboração: Maurício Rizzatti

O rio principal, o Arroio Cadena, possui 21.093 metros e a bacia é de 5^a ordem, segundo a classificação de Strahler. A menor altitude presente na bacia hidrográfica é de 52 metros e o máximo de 450.

O mapa elaborado pelo TauDEM (Figura 3), utilizando a imagem SRTM como base, possui uma área de 25.606 hectares e 114.004 metros de perímetro.

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

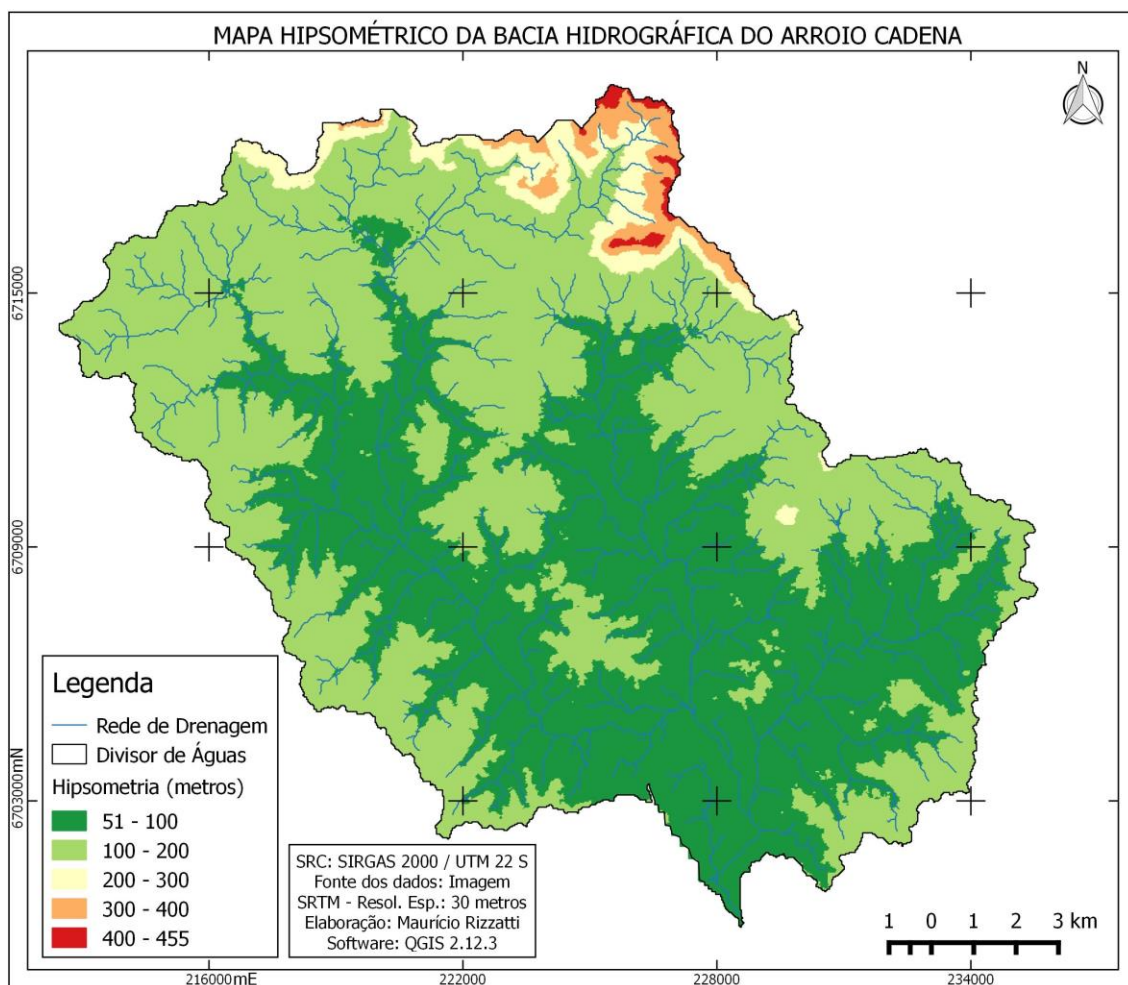


Figura – 3. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Arroio Cadena
Elaboração: Maurício Rizzatti

O rio principal, o Arroio Cadena, elaborado através do MDE, possui 22.113 metros e a bacia é de 5ª ordem, segundo a classificação de Strahler. A menor altitude presente na bacia hidrográfica é de 51 metros e o máximo de 455.

Quando se sobrepõe as camadas (Figura 4), fica evidente que a bacia delimitada pelo TauDEM possui uma área total maior comparada a bacia delimitada pela vetorização tendo como base as cartas topográficas.

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

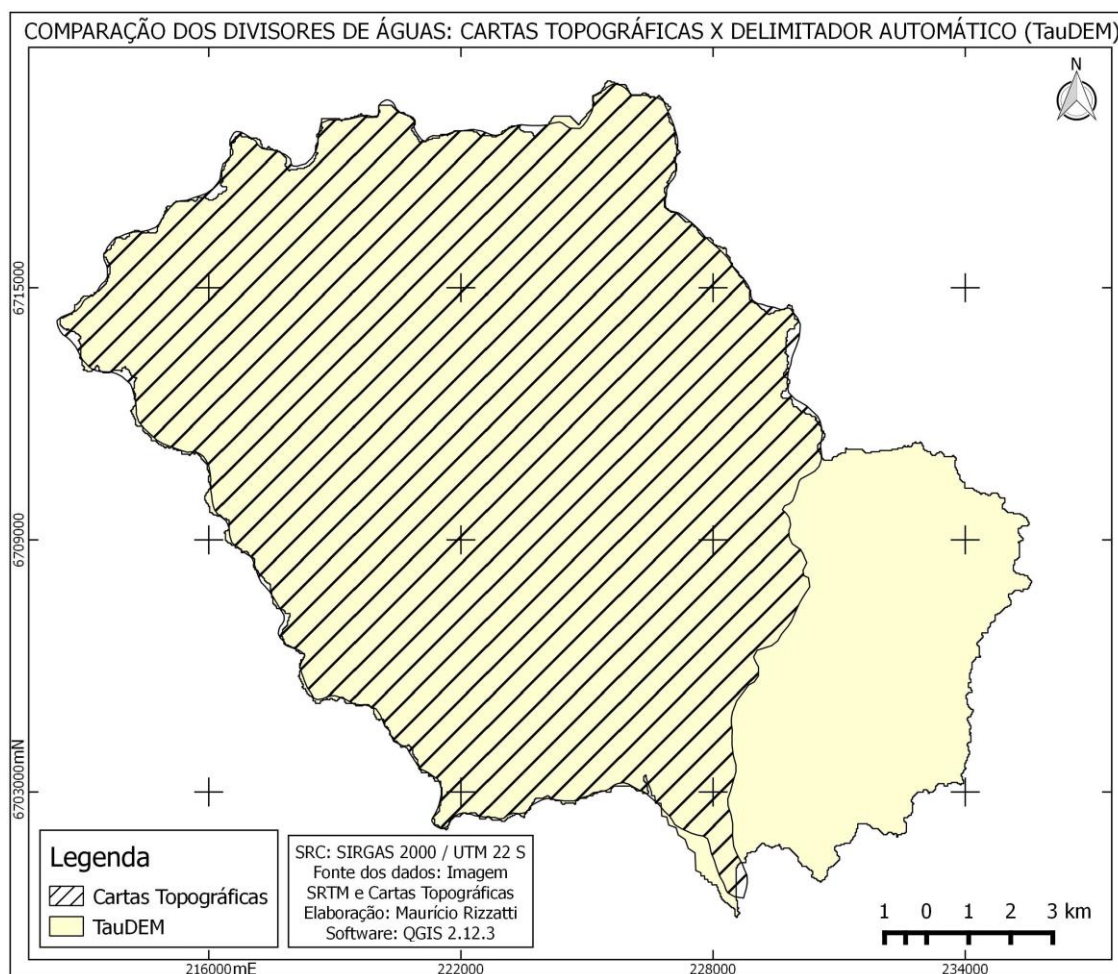


Figura – 4. Sobreposição das camadas: Cartas topográficas X TauDEM, Elaboração: Maurício Rizzatti

Observa-se que o TauDEM classificou a bacia hidrográfica do Arroio Passo das Tropas como sendo um afluente do Arroio Cadena. O Arroio Passo das tropas, próximo ao seu exutório, chega a ficar 300 metros do Arroio Cadena (Figura 5), com uma variação de altitude quase nula (entre as bacias do Cadena e Passo das Tropas). Se tratando da semelhança entre as duas camadas, é possível observar que elas praticamente possuem o mesmo divisor de águas, somente próximo da foz do Arroio Cadena é que as bacias se distanciam um pouco, com exceção da parte da bacia do Arroio Passo das Tropas.

Para demonstrar que o Passo das Tropas não é afluente do Arroio Cadena, foi elaborado um perfil topográfico, com um certo exagero vertical, mostrando que existe uma parte mais elevada, na qual faz o papel de divisor de águas, dando assim maior precisão ao arquivo digitalizado a partir das cartas topográficas. Observando o perfil topográfico, nota-se que próximo aos 0,20 km de extensão do perfil, possui uma área mais elevada que ao entorno e isso se repete por volta dos 0,80 km. Essa porção com

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

uma maior altitude serve como um divisor de águas. É possível observar isso no fragmento de cartas topográficas – DSG (Figura 5), onde os rios desaguam no Arroio Sarandi, fazendo com que possuam sua própria bacia hidrográfica (Cadena e Passo das Tropas).

Esse fato também é mencionado por Fernandes (2016, p. 46) que abordar o risco de inundação na Bacia do Arroio Cadena destaca que, apesar da proximidade das duas fozes, “é possível notar que o Arroio Cadena e o Arroio Passo das Tropas são afluentes do Arroio Sarandi, isto é, o Arroio Passo das Tropas não desagua no Cadena, e sim no Arroio Sarandi”.

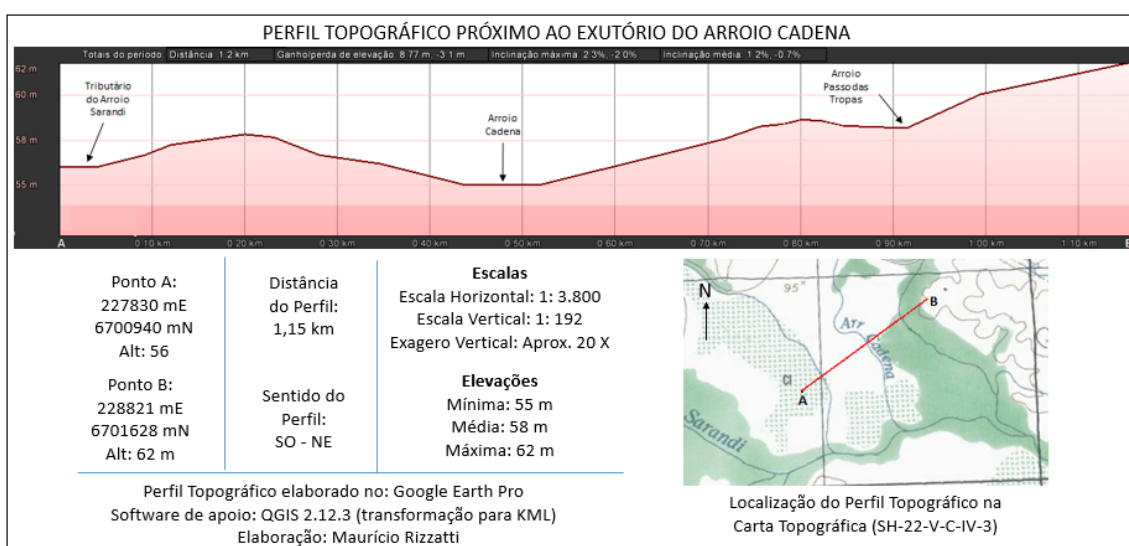


Figura – 5. Perfil topográfico próximo a foz do Arroio Cadena
Elaboração: Maurício Rizzatti

Ao ver a discrepância criada pelo TauDEM, foi testado novas classificações utilizando ele, mas usando pontos de exutório (conforme exposto na metodologia) em lugares distintos. A ferramenta TauDEM, gerou somente a bacia hidrográfica do Arroio Cadena quando o ponto de exutório foi colocado a montante da “confluência do Arroio Passo das Tropas com o Cadena”. Observou-se, deste modo, através das cartas topográficas, que isto não ocorre.

5. Considerações Finais

Um dos objetivos propostos seriam a comparação do comprimento do rio principal (Arroio Cadena), digitalizado através das cartas topográficas e

COMPARAÇÃO ENTRE DADOS GEOGRÁFICOS: AS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO EXÉRCITO E O TAUDEM

automaticamente pelo TauDEM. O valor do comprimento total do Arroio Cadena traçado pela ferramenta apresentou um comprimento de 1.020 metros a mais do que o digitalizado. Isso se deve ao fato que o rio possui um formato quadricular, pois ele foi extraído de uma camada raster, cuja sua forma é dada por pixel.

Se tratando da área e perímetro, o TauDEM classificou o Arroio Passo das Tropas como sendo um afluente do Arroio Cadena. A área calculada pelo TauDEM apresentou 4.676 hectares a mais que a digitalizada pelas cartas topográficas, bem como 44.620 metros de perímetro a mais. Conforme mencionado anteriormente, quando foi utilizado outro ponto como exutório, as medidas de área e perímetro ficaram muito próximas quando comparadas com as cartas topográficas – DSG, utilizando praticamente os mesmos pontos para delimitação do divisor de águas.

O TauDEM também calcula a hierarquia da drenagem segundo a classificação de Sthraler. Comparando os métodos que foram utilizados, ambos resultaram que a bacia hidrográfica do Arroio Cadena possui rios com 5ª Ordem. Isso é bastante interessante para calcular a ordem de grandes bacias hidrográficas rapidamente.

O TauDEM é uma excelente ferramenta para análise hidrológica, pois permite que através de um modelo digital de elevação (MDE), seja confeccionado toda uma rede de drenagem, com a sua hierarquia conforme a classificação de Sthraler, possibilitando ainda mensurar o comprimento, e também área e perímetro da bacia hidrográfica. A ferramenta também gera o limite de cada subbacia presente na bacia principal.

No caso em estudo, houve uma imprecisão por parte da ferramenta devido as características da área de estudo, talvez por os rios serem muito próximo um do outro e com uma pouca variação de altitude. Também o modelo digital de elevação pode possuir certo tipo de ruído naquela região, ou até mesmo por cada pixel ter 30 metros (resolução espacial), é gerado uma média de altitude, podendo ser mais baixa que a altitude do divisor de águas, assim não gerando um divisor de águas.

A delimitação feita pelas cartas topográficas – DSG apresenta bastante precisão desde que o usuário tenha alguns conceitos cartográficos assimilados como também certo tempo para realizar a atividade. Embora a ferramenta utilizada tenha apresentado uma discrepância, é uma boa ferramenta para análise hidrológica, principalmente para grandes bacias hidrográficas onde se torna inviável a digitalização tendo como base as cartas topográficas do exército.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

CHAVES, M. de A. **Modelos digitais de elevação hidrológicamente consistentes para a bacia Amazônica**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. UFV, 2002.

FERNANDES, N. S. **Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação na bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. UFSM, 2016.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia Hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília, IBAMA, 1995.

MARTINELLI, M. **Mapas, gráficos e redes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Ed Editora UFV, 2a Ed., Viçosa MG, 2011.

RIZZATTI, M; CASSOL, R; BATISTA, N. L; FERNANDES, N. S. Comparação entre Dados Geográficos: As Ottobacias da Agência Nacional de Águas (ANA) e as Cartas Topográficas do Exército. In: **1er Simpósio de Geografía del Cono Sur**, 2015, Montevideo. Anais. v. 1. p. 357-368.