



## COMPARAÇÃO ENTRE VAZÕES DE REFERÊNCIA OBTIDAS A PARTIR DE DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO

*Sheila Mena Barreto Silveira<sup>1</sup> ; Julia Machado Pelegrini<sup>2</sup> & Thawara Giovanna Souza da Fonseca Guidolin<sup>3</sup>*

**RESUMO** – O arcabouço legal no Brasil quanto aos critérios de lançamento de efluentes líquidos em recursos hídricos superficiais possui uma gama de normas. Como os critérios metodológicos utilizados em laudos hidrológicos para determinação de vazões de referência são uma decisão do profissional que realizará o projeto, segundo Diretriz Técnica FEPAM 04/2018, o presente estudo compara os resultados de vazão média de longo período ( $Q_{mlp}$ ) obtidos a partir de três modelos digitais de elevação (MDE) distintos, demonstrando as variações decorrentes da seleção da matriz altimétrica utilizada. Os MDEs utilizados possuem resoluções espaciais de 90 m, 30 m e 12,5 m. A área de estudo pertence ao município de Gravataí, região metropolitana de Porto Alegre. Para determinação da série histórica de vazões, foi selecionado um posto fluviométrico próximo, e o processamento das informações foi realizado no software de geoprocessamento ArcGIS® 10.3. Os valores das áreas de drenagem e das vazões médias de longo período variaram menos de 1,5%, quando comparados os valores obtidos com os três MDEs. Esta diminuta variação demonstra que, para as características físicas da área de estudo, a seleção do modelo digital de elevação não interfere de forma significativa na obtenção da  $Q_{mlp}$  através do método de regionalização de vazões.

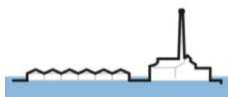
**ABSTRACT**– The legal framework in Brazil regarding the criteria for releasing liquid effluents into surface water resources has a range of standards. As the methodological criteria used in hydrological reports for determining reference flow are a decision of the professional who will carry out the project, according to Technical Guideline FEPAM 04/2018, the present study compares the results of long-term average flow ( $Q_{mlp}$ ) obtained from three different digital elevation models (DEM), showing the variations resulting from the selection of the altimetric matrix used. The DMEs used have spatial resolutions of 90 m, 30 m and 12.5 m. The study area belongs to the municipality of Gravataí, metropolitan region of Porto Alegre. To determine the historical flow series, a nearby fluviometric station was selected, and the information process was made using the ArcGIS® 10.3 geoprocessing software. The values of the drainage areas and the average long-term flows varied less than 1.5%, when compared to the values obtained with the three DMEs. This small variation shows that, for the physical characteristics of the study area, the selection of the elevation digital model does not significantly interfere in obtaining the  $Q_{mlp}$  through the flow regionalization method.

**Palavras-Chave** – Vazão de Referência; Modelos Digitais de Elevação; Vazão Média de Longo Período

1) sheila@ufrgs.br;

2) julia.pelegrini26@gmail.com;

3) thawara.guidolin@gmail.com.



## INTRODUÇÃO

A Constituição Federal, em seu artigo 225, preceitua que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e que é dever do Poder Público a sua preservação (Brasil (1988)). Neste contexto, foi estabelecida a Lei Federal 6.938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, sendo regulamentada através do Decreto no 99.274/1990, o qual determina que o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) deve ser constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas fundações instituídas pelo Poder Público, sendo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) o órgão Consultivo e Deliberativo.

Logo, o CONAMA definiu diretrizes sobre lançamento de efluentes em recursos hídricos superficiais, como as Resoluções 357/2005 e 430/2011. Nestas normativas, foi determinada que vazão de referência é a vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH. Esta vazão de referência deve ser estimada, a partir de metodologias consistentes, em estudos para lançamentos de efluentes em recursos hídricos superficiais.

No âmbito estadual, no Rio Grande do Sul, o Código Estadual do Meio Ambiente (Lei 15434/2020), em seu artigo primeiro estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, tal como a constituição federal.

A Lei Estadual nº 10.330/1994 afirma que o órgão de caráter deliberativo e normativo, responsável pela aprovação e acompanhamento da implementação da Política Estadual do Meio Ambiente no Rio Grande do Sul é o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), o qual produziu a Resolução 355/2017 que dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

A fim de padronizar a elaboração e apresentação de informações hidrológicas de cursos de água em locais em que se pretende lançar efluentes líquidos para fins de licenciamento ambiental, foi produzida a Diretriz Técnica FEPAM Nº 04/2018, que estabelece procedimentos para apresentação de laudo técnico hidrológico para fins de determinação da vazão de referência conforme definido na resolução CONSEMA 355/2017.

A Diretriz Técnica FEPAM Nº 04/2018 estabelece diretrizes gerais de informações que deverão ser apresentadas no laudo técnico, mas deixa a critério do profissional quais metodologias utilizar, sendo uma destas decisões o método de obtenção da área de contribuição (cujo exutório é o ponto de lançamento de efluentes). É tamanha a abrangência de metodologias, que pode ser utilizada uma



técnica arcaica, de delimitação manual em carta topográfica do exército brasileiro, pois é solicitado o seguinte documento “Cópia legível da carta do exército na escala 1:50.000, contendo identificação do lançamento, grade de coordenadas planas e delimitação da área da bacia de drenagem”.

Considerando que a área (ou bacia) de drenagem corresponde à área que contribui com o escoamento superficial para o exutório, este parâmetro é diretamente relacionado com a topografia da região e a sua delimitação é dependente das informações altimétricas utilizadas (Silveira *et al.*, 2020).

Os modelos digitais de elevação utilizados no estudo em tela foram obtidos a partir de duas missões espaciais, a Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) lançada em 2000 e a ALOS PALSAR (*Advanced Land Observing Satellite/ Phase Array type Lband Synthetic Aperture Radar*) em 2006 (Castro *et al.* (2011); Cunha e Bacani (2019))

Modelo digital de elevação (MDE) pode ser definido como a representação digital de superfícies, formada por uma matriz de pixels que exhibe conjuntos de coordenadas x, y e z (elevação) (Braz *et al.*, 2018) Em aplicações hidrológicas, a partir do MDE podem ser extraídos parâmetros de forma direta como a área de contribuição (Silveira *et al.* (2020)).

Para comparar, em termos quantitativos, os resultados obtidos, a partir dos diferentes modelos digitais de elevação, será estimada a vazão média de longo período ( $Q_{mlp}$ ), que é a média das vazões anuais para toda a série de dados (Alexandre e Martins (2005)), através da regionalização de vazões.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na região metropolitana da capital do Estado do Rio Grande do Sul, no município de Gravataí, conforme ilustrado na Figura 1. Foi selecionado um ponto de lançamento para fim de estudo de caso, sem correlação com qualquer estudo técnico apresentado para fins de licenciamento ambiental. Destaca-se que a opção pelo local foi devida à disponibilidade de dados de posto fluviométrico próximo com dados consistidos e de informações hidrológicas para validação no Plano de Bacia no qual pertence a área de estudo.

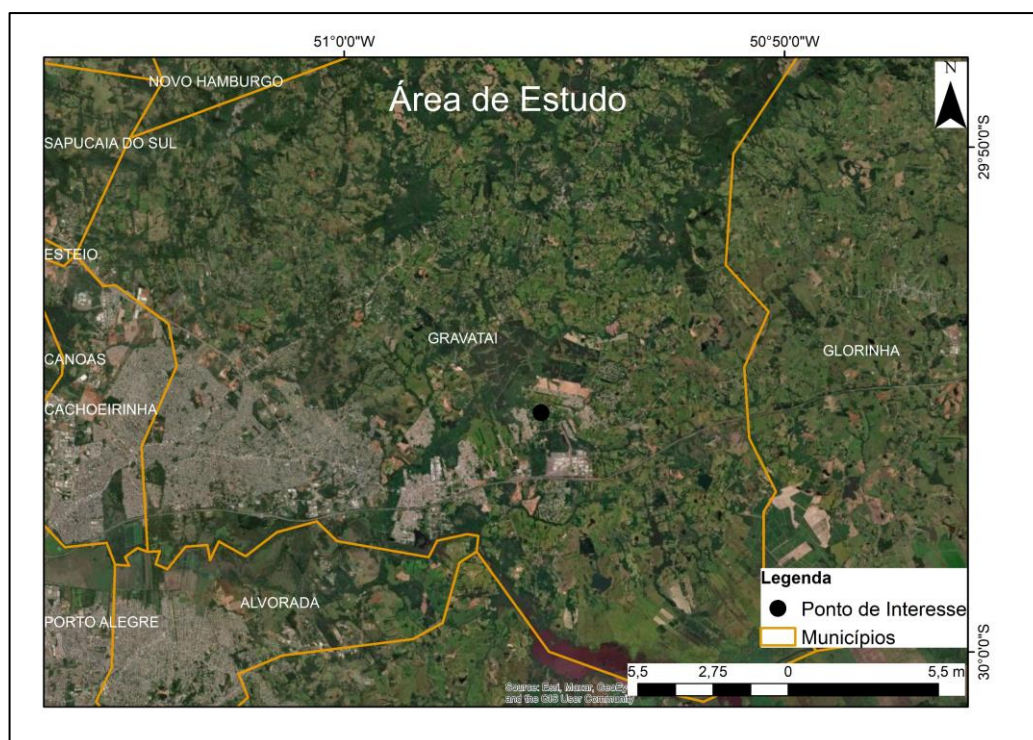


Figura 1: Localização da Área de Estudo.  
Fonte: Adaptado de Google Earth (2020).

A área de estudo está localizada na Região Hidrográfica do Guaíba (Figura 2), cuja bacia hidrográfica é a do Rio Gravataí (Figura 3) (SEMA (2020)).

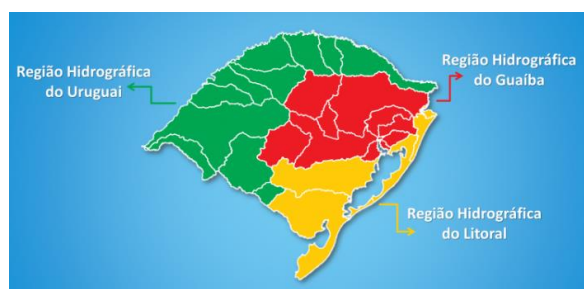


Figura 2: Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul.  
Fonte: SEMA-RS (2020).



Figura 3: Bacias Hidrográficas do Rio Gravataí.  
Fonte: SEMA-RS (2020).

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, a área de estudo está localizada no Médio Gravataí (Figura 4), sub-bacia Arroio Demétrio e Pinto, destacado nas Figuras 5.



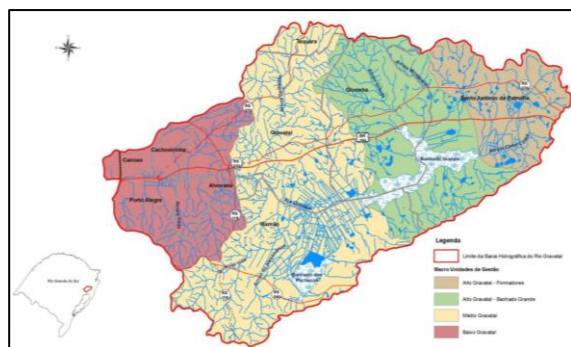


Figura 4: Unidades de Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, 2012.

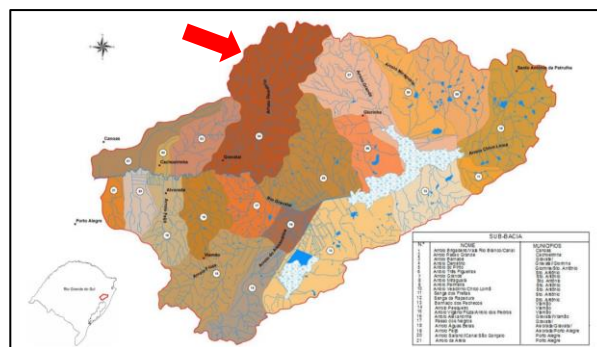


Figura 5: Sub-Bacias do Rio Gravataí, com destaque para a sub-bacia na qual está localizada a área de estudo.

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, 2012.

A primeira etapa realizada foi a obtenção das matrizes altimétricas da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução de 90 e 30 metros. Weber *et al.* (2004) disponibilizou o MDE processado para a primeira resolução enquanto para a segunda, o MDE foi extraído diretamente de USGS (2020). A matriz com resolução de 12,5 metros, proveniente do ALOS PALSAR (*Advanced Land Observing Satellite/ Phase Array type Lband Synthetic Aperture Radar*), foi adquirida de *Alaska Satellite Facility* (2020).

Para a determinação das áreas de contribuição foram processados os três modelos digitais de elevação no software de geoprocessamento ArcGis® 10.3, de acordo com a rotina básica do módulo de hidrologia: preenchimento das depressões do MDE, direção de fluxo, fluxo acumulado e delimitação da bacia. Com esta metodologia foi possível determinar a área de contribuição, que é idêntica à bacia delimitada a partir do exutório (Silveira *et al.*, 2020).

Com o valor da área de drenagem da bacia obtida é possível fazer correlações, através da regionalização de vazões, com dados disponíveis para uma bacia conhecida, permitindo assim a determinação das vazões de referência para o ponto de interesse (Wolff *et al.* (2014)).

No presente estudo, a vazão de referência ( $Q_{mlp}$ ) foi estimada através da utilização de dados públicos de posto fluviométrico próximo. No intuito de selecionar o posto fluviométrico, foram verificadas as informações disponíveis em ANA (2020) para os três postos destacados na Figura 6. A seleção do posto utilizado baseou-se na similaridade com o recurso hídrico de interesse, pois ambos possuem meandros naturais, à proximidade geográfica e disponibilidade de uma série de vazões representativa. Logo, o posto selecionado é o mais próximo do ponto de interesse.

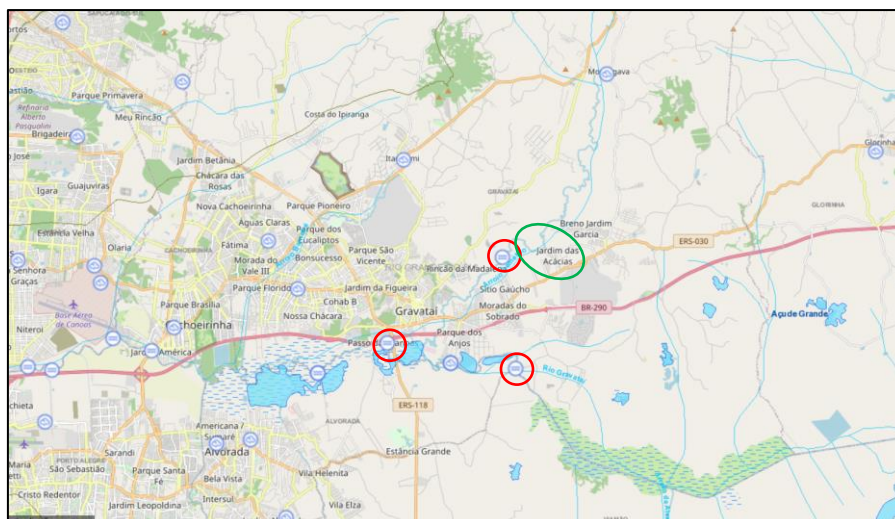
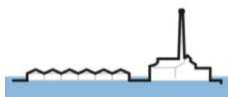


Figura 6: Postos Fluviométricos na Região de Interesse. Posto Fluviométrico Selecionado (mais próximo da área de estudo) e Região de Interesse (destacado em verde)

Fonte: ANA, 2020.

O posto selecionado foi o 87401600 (Cerâmica Cherubini), cuja série de dados é composta por 4.240 dados diários, entre os anos 1993 e 2018, cujos valores consistidos pela ANA são 3.934 e 418, brutos. Logo, as vazões consistidas correspondem a mais de 90% da série de vazões diárias. Destaca-se que, apesar da série histórica possuir falhas, foi considerada satisfatória para o estudo, devido ao grande número de vazões disponibilizadas associada à alta consistência dos dados e da similaridade geográfica e geomorfológica da bacia hidrográfica e do ponto de interesse.

Com as vazões do posto fluviométrico, foi possível realizar a regionalização de vazões para a vazão média de longo período ( $Q_{mlp}$ ) do ponto de interesse, correlacionando as áreas de drenagem com a vazão média do posto.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A três áreas de drenagem apresentaram cotas altimétricas semelhantes, cujos valores estão demonstrados nas Figuras 7 até 9. O valor máximo (104 metros) foi encontrado na matriz com resolução de 12,5 metros enquanto o valor mínimo (18 metros) pertence à matriz com resolução de 30 metros. A diferença de altimetria entre o máximo e o mínimo não pode ser considerada significativa quando comparados os três MDE's.

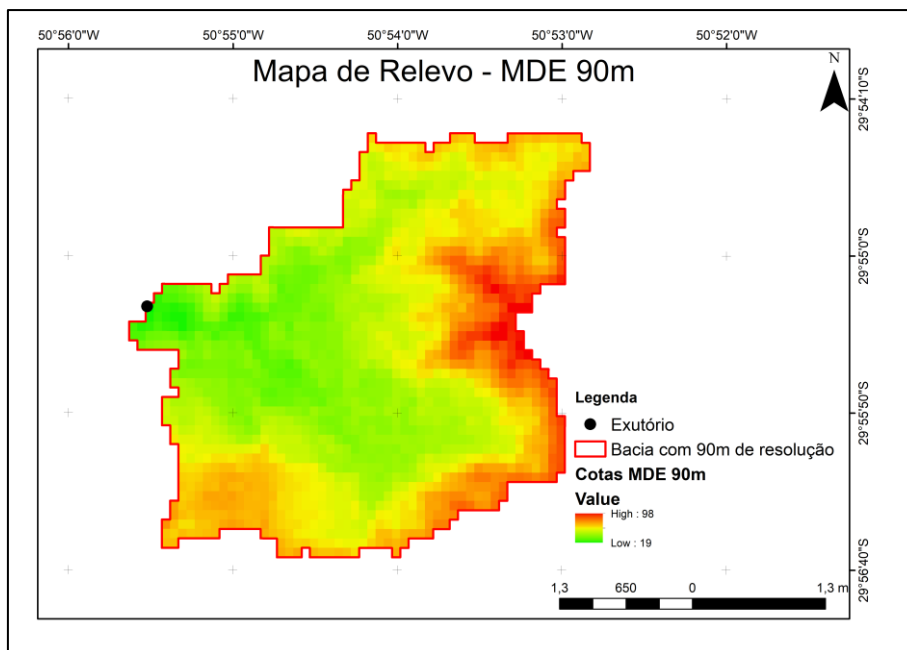


Figura 7: Relevo da Área de Drenagem extraída a partir do modelo digital de elevação com resolução de 90 metros.  
Fonte: Própria.

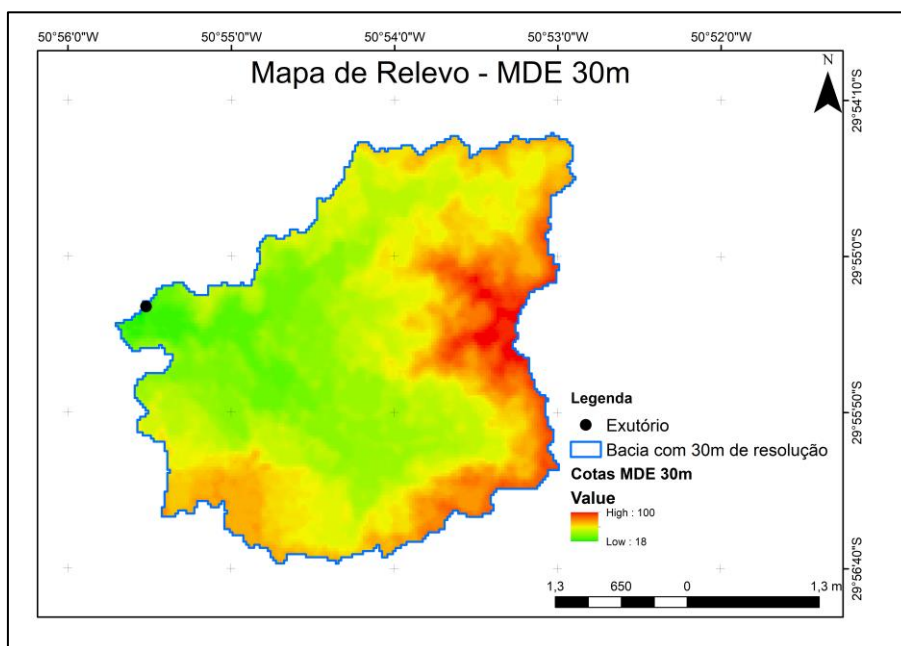


Figura 8: Relevo da Área de Drenagem extraída a partir do modelo digital de elevação com resolução de 30 metros.  
Fonte: Própria.

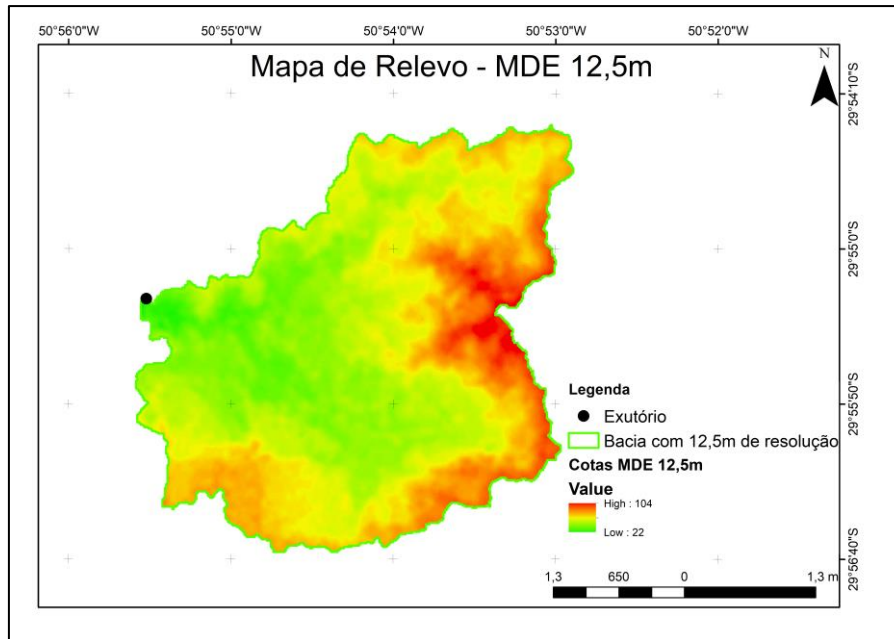
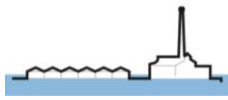


Figura 7: Relevo da Área de Drenagem extraída a partir do modelo digital de elevação com resolução de 12,5 metros.  
Fonte: Própria.

A Figura 8 exibe a sobreposição das áreas de drenagem extraídas após a rotina realizada no software de geoprocessamento. Nesta imagem é possível notar que apesar da diferença de resolução da matriz altimétrica, há similaridade no formato e nas áreas das áreas de drenagem. Os valores quantitativos das áreas estão expostos na Tabela 1.

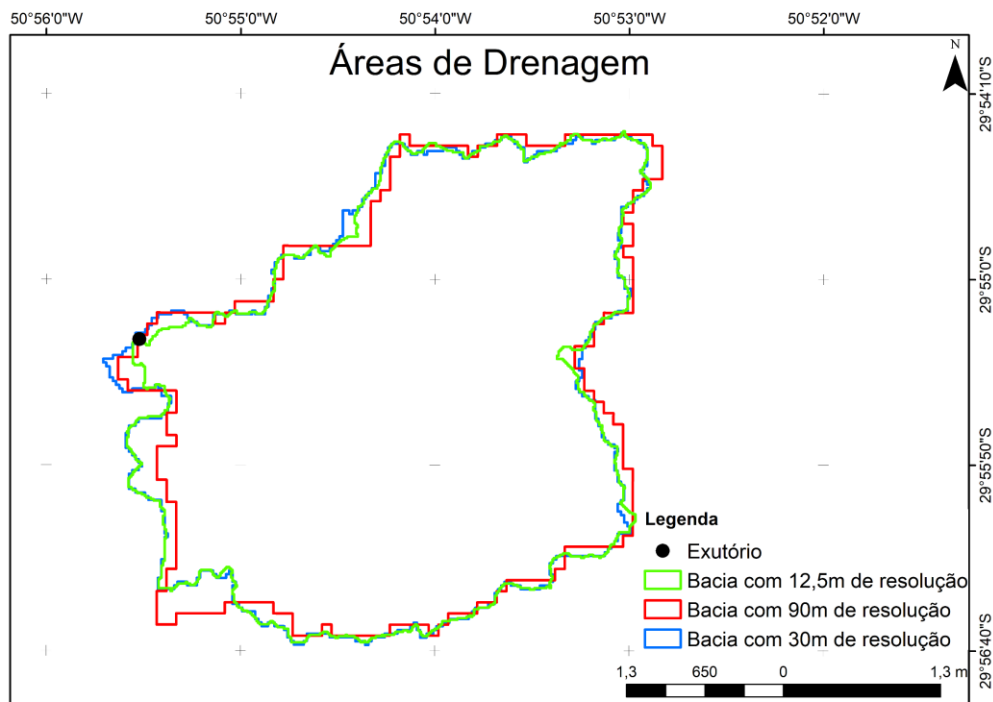


Figura 8: Sobreposição das Áreas de Drenagem.  
Fonte: Própria.





Tabela 1 – Vazões Médias.

Resolução do MDE	Vazões Médias de Longo Período (Q <sub>mlp</sub> )
12,5 metros	12,4657 km <sup>2</sup>
30 metros	12,6426 km <sup>2</sup>
90 metros	12,6356 km <sup>2</sup>

Fonte: Própria.

Com os dados do posto fluviométrico e as áreas de contribuição, a regionalização de vazões foi realizada, cujos valores de vazão média de longo período (Q<sub>mlp</sub>) estimados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Vazões Médias de Longo Período (Q<sub>mlp</sub>) para o ponto de interesse.

Resolução do MDE	Vazões Médias de Longo Período (Q <sub>mlp</sub> )
12,5 metros	0,1949 m <sup>3</sup> /s
30 metros	0,1977 m <sup>3</sup> /s
90 metros	0,1976 m <sup>3</sup> /s

Fonte: Própria.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que para a área de estudo, a seleção do modelo digital de elevação não influencia de forma significativa na vazão de referência Q<sub>mlp</sub>, pois a diferença entre os valores não ultrapassa 1,5%. Portanto, bacias que apresentem características físicas distintas da área de estudo podem apresentar variações mais expressivas.

## REFERÊNCIAS

ALASKA SATELLITE FACILITY. (2020). Disponível em: [search.asf.alaska.edu](http://search.asf.alaska.edu). Acessado em 22/09/2020.

BRASIL. CONSTITUIÇÃO (1988). CONSTITUIÇÃO FEDERATIVA DO BRASIL

BRAZ, A. M., XAVIER, F. V., MIRANDOLA, P. H. M. G. (2018). “Análise da diferença entre dados altimétricos em uma bacia hidrográfica através da comparação entre modelos digitais de elevação”. Ateliê Geográfico - Goiânia-GO, v. 12, n. 1, abr/2018, p. 71-96.

CASTRO, F. DA S., XAVIER, A. C., CECÍLIO, R. A., MOREIRA, A. DE A., PENA, F. E. DA R., SOUZA, J. M. DE. (2011). “Uso de imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) na espacialização da temperatura do ar no estado do Espírito Santo”. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.8154.

CUNHA, E. R. DA; BACANI, V. M. (2019). “Influência da resolução do MDE na caracterização morfométrica de bacia hidrográfica”. Caderno de Geografia, v.29, n.59.

DECRETO NO 99.274/1990. (1930). “Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações



*Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências”.*

DIRETRIZ TÉCNICA FEPAM 04/2018. “*Diretriz técnica que estabelece procedimentos para apresentação de laudo técnico hidrológico para fins de determinação da vazão de referência conforme definido na resolução CONSEMA nº. 355/2017*”.

LEI ESTADUAL 15434/2020. (2020). “*Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul*”.

LEI ESTADUAL 10.330/1994. (1994). “*Dispõe sobre a organização do Sistema Estadual de Proteção Ambiental, a elaboração, implementação e controle da política ambiental do Estado e dá outras providências*”.

LEI FEDERAL 6.938/1981. (1981). “*Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências*”.

Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (2012), Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g010-bacia-hidrografica-do-rio-gravatai>. Acessado em: 25/09/2020

RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005. (2005). “*Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*”.

RESOLUÇÃO CONAMA 430/2011. (2011). “*Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA*”.

RESOLUÇÃO CONSEMA 355/2017. (2017). “*Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul*”.

SEMA RS. (2020) Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acessado em 24/09/2020

SILVEIRA, S. M. B.; RISSO, A., PELEGRINI, J. M., GUIDOLIN, T. G. S. DA F., MEZZOMO, V. (2020). “*Comparação de resultados de parâmetros hidrológicos obtidos a partir de diferentes modelos digitais de elevação*” in Anais do Congresso Internacional de Engenharia Ambiental V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Porto Alegre, Out. 2020, 1, pp. 481-487.

USGS. (2020). Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>. Acessado em 22/09/2020.

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.

WOLFF, W.; DUARTE, S. N; MINGOTI, R. “*Nova metodologia de regionalização de vazões, estudo de caso para o Estado de São Paulo*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.4 –Out/Dez 2014, 21-33