



REGIONALIZAÇÃO DA $Q_{7,10}$ NA BACIA DO TAQUARI–ANTAS (RS) USANDO REGRESSÃO SIMPLES E ROBUSTA: O PROBLEMA DA VARIÁVEL EXPLICATIVA PRECIPITAÇÃO

Mauricio D. Melati^{1}, Francisco F. N. Marcuzzo²*

Resumo – Estimar vazões em locais sem dados de medições, em que se pressupõe que existe similaridade espacial das regiões, permite que dados hidrológicos das regiões sem informações possam ser estimados pela relação direta entre a variável explicada (vazão) e a variável explicativa (área de drenagem, precipitação média anual, etc.). O objetivo deste trabalho foi regionalizar a vazão mínima $Q_{7,10}$ da bacia do Taquari-Antas (sub-bacia 86) utilizando diferentes simulações de regressão simples do EXCEL e a robusta do MATLAB. Além dos testes com os dois programas aplicou-se simulações de regressão da vazão $Q_{7,10}$ para os diferentes agrupamentos de estações. A equação que obteve um desvio máximo menor alcançou 15%. Entretanto, a equação gerada obteve um coeficiente potencial negativo para a variável explicativa precipitação média anual, o que inviabiliza sua utilização considerando que para uma mesma área de drenagem, em diferentes regiões da bacia, se obtém uma menor vazão $Q_{7,10}$ para a uma maior precipitação média anual.

Palavras-Chave – Sub-bacia 86, regionalização de vazão, outorga.

$Q_{7,10}$ REGIONALISATION OF THE TAQUARI–ANTAS BASIN (RS) USING REGRESSION SIMPLE AND ROBUST: THE VARIABLE EXPLANATORY RAINFALL PROBLEM

Abstract – Estimate flows in locations without measurement data, where it is assumed that there is similarity of spatial regions, allows hydrological data of the regions without information can be estimated by the direct relationship between the explained variable (flow) and the explanatory variable (drainage area, average annual rainfall, etc.). The objective was to regionalize the minimum flow $Q_{7,10}$ of the Taquari-Antas Basin (sub-basin 86) using different simple regression simulations of EXCEL and robust MATLAB. In addition to testing with the two programs applied $Q_{7,10}$ of simulations for different groups of stations. The equation that has obtained a lower maximum deviation reached 15%. However, the generated equation obtained a negative potential coefficient for the explanatory variable annual rainfall, which prevents their use whereas for the same drainage area in different regions of the basin, you get a smaller flow $Q_{7,10}$ for greater average annual rainfall.

Keywords – Sub-basin 86, flow regionalization, permission to use the water.

1. INTRODUÇÃO

A regionalização de vazões apresenta-se como alternativa para estimar vazões em locais sem dados de medições, em que se pressupõe que a similaridade espacial das regiões permite que vazão de regiões sem informações possam ser considerados através da relação direta entre a variável explicada (vazão) e a variável explicativa (área de drenagem, precipitação média anual, etc.).

Entre os procedimentos para obtenção de vazões mínimas de referência para gestão dos recursos hídricos, têm-se a elaboração da curva de permanência, que conforme detalhado por

^{1,3*} UFRGS/IPH - Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Av. Bento Gonçalves n° 9.500 – Agronomia – CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Tel. (51) 8467-8416. ^{1*} mauriciomelati@gmail.com.

² CPRM/SGB – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil – Rua Banco da Província, 105 – Santa Teresa – CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

Collischonn e Dornelles (2013), expressa a relação entre a frequência com que a vazão do rio é superada ou igualada. Em estudo de regionalização das vazões de permanência de 80, 85, 90 e 95% na sub-bacia 87 (Lagoa dos Patos), Marcuzzo e Pickbrenner (2015) utilizaram como variáveis explicativas a área de drenagem e a área de drenagem mais a precipitação média anual a montante das estações fluviométricas (FD), onde as equações com apenas a área de drenagem como variável explicativa apresentaram os melhores resultados para a sub-bacia. Virões *et al.* (2014) desenvolveu o mesmo tipo de estudo, contudo utilizando apenas a Q95%, como variável explicada.

Naghetini e Pinto (2007) cita que em situações onde as variáveis explicativas são fortemente correlacionadas, podem ocorrer problemas na regressão múltipla, indicando que variáveis colineares não fornecem novas informações, dificultando a interpretação dos coeficientes obtidos na regressão.

O objetivo deste trabalho foi regionalizar a vazão mínima $Q_{7,10}$ da bacia do Taquari-Antas (sub-bacia 86) utilizando diferentes simulações de regressão simples do EXCEL e da regressão robusta do MATLAB. Além dos testes com os dois programas aplicou-se simulações de regressão da vazão $Q_{7,10}$ para os diferentes agrupamentos de estações utilizando as variáveis explicativas área de drenagem e precipitação média anual (juntas e separadas) para uma e duas regiões homogêneas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A sub-bacia 86 (Figura 1) apresenta uma área total de 26.386,86km², sendo que a sub-bacia com maior área é a do Alto Taquari-Antas com 5.144,48km² (MELATI e MARCUZZO, 2015).

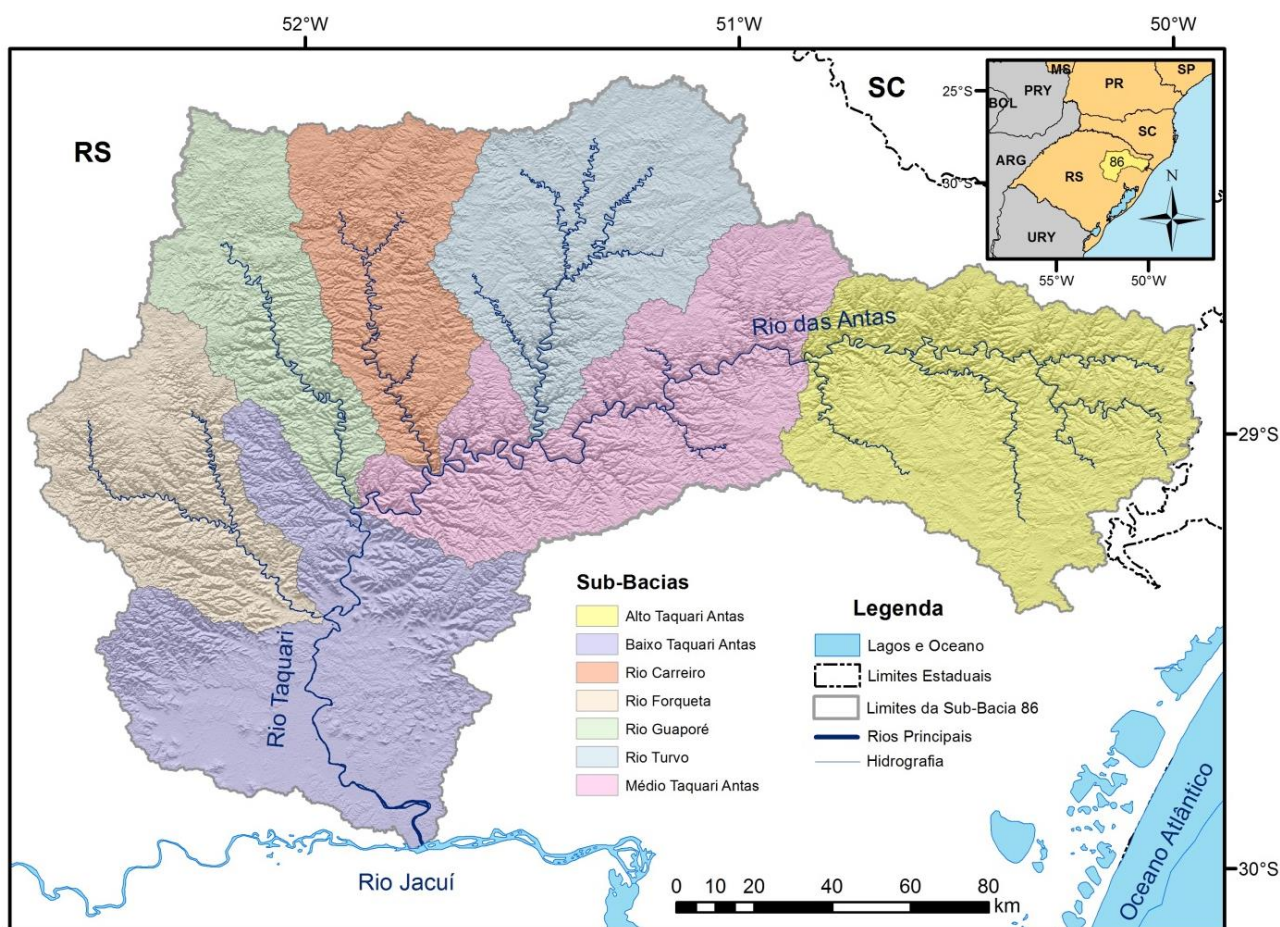


Figura 1 - Localização, hidrografia e limites das sub-bacias da bacia do Taquari-Antas.



Localizada na porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul, divide-se em 21 sub-bacias, em sua parte norte e noroeste estão localizados os principais afluentes dos rios Taquari e Antas, Forqueta, Guaporé, Turvo e Carreiro que são as maiores sub-bacias. Na parte leste da sub-bacia, iniciando nos campos de cima da serra onde as altitudes atingem os 1000m, 10 sub-bacias drenam para o Rio das Antas, antes da confluência com o Rio Carreiro, após o encontro o rio das Antas passa a se chamar Rio Taquari, onde outras 10 sub-bacias contribuem em seu caminho até a foz, no encontro com o Rio Jacuí a uma altitude inferior a 10 metros (MAGNA ENGENHARIA, 1997).

A região leste da sub-bacia do Taquari-Antas faz fronteira com o estado de Santa Catarina, onde os limites políticos dos estados são delimitados pelas características físicas da região, onde se pode verificar uma mudança abrupta de altitude ocasionada pelos cânions, nestes locais podem-se encontrar paredes rochosas de até 1000m de altitude.

A Precipitação média anual da sub-bacia 86 é de 1.670,69mm, a região com o maior regime de chuvas é a sub-bacia do Rio Guaporé, que apresenta precipitação média anual de 1790,49mm, já a sub-bacia do Baixo Taquari-Antas mostra o menor valor, com 1548,26mm (PINTO *et al.*, 2011).

Para caracterizar e entender a hidrogeologia da sub-bacia 86, utilizou-se o mapa na escala 1:750.000 apresentado por Machado e Freitas (2005) e Diniz *et al.* (2014a; 2014b) na sua forma simplificada. A sub-bacia 86 apresenta em sua maior parte (88,1%), compreendendo todas as suas sub-bacias, o sistema aquífero Serra Geral II, em suas litologias predominam riolitos riocacitos, e em menor proporção, basaltos fraturados, o aquífero possui média a baixa disponibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas (MELATI, 2015).

2.2. Variável explicada (regionalizada)

Para o cálculo da vazão de referência com sete dias consecutivos e tempo de retorno de 10 anos, optou-se por verificar as distribuições propostas por Gumbel e Weibull, e dessa forma optou-se por utilizar as que apresentaram os melhores resultados, as distribuições foram calculadas conforme os diferentes processos discutidos por Naghettini e Pinto (2007) referentes aos modelos para obtenção da $Q_{7,10}$. Os dados foram obtidos de Brasil (2013).

Para identificação da menor vazão com sete dias consecutivos anual, a média móvel para cada dia foi calculada utilizando o gerenciador de planilhas (MICROSOFT EXCEL OFFICE, 2014), ou seja, através do valor de vazão no dia e os três dias anteriores e três dias posteriores, uma média foi gerada para todos os dias do ano hidrológico. Dessa forma, a menor vazão com sete dias consecutivos identificada dentro de cada ano hidrológico foi utilizada, seguindo as informações detalhadas contidas em Melati (2015). Simon *et al.* (2013) definiu o ano hidrológico da sub-bacia 87, região vizinha da sub-bacia 86, objetivando o mesmo tipo de estudo de regionalização de vazão.

Para a análise das séries históricas de vazões, utilizou-se a ferramenta *Microsoft Office Excel*® (MICROSOFT EXCEL OFFICE, 2014) para identificar eventuais falhas nas séries, para falhas nas séries inferiores a 10 dias efetuou-se o preenchimento das falhas através de regressão simples, os períodos em que houveram falhas superiores a 10 dias foram excluídos do trabalho.

2.3. Variáveis explicativas

As variáveis explicativas utilizadas no trabalho são características físicas (área de drenagem) e climáticas (precipitação) da sub-bacia 86, onde se supõe que por similaridade espacial essas variáveis tenham uma relação direta com as vazões verificadas nos rios.

Á área drenagem utilizada foi calculada utilizando o modelo digital de elevação que apresentou os melhores resultados apresentados nos testes explicados em Melati (2015), o programa utilizado foi o ArcGIS 10.1 (ESRI, 2013), onde através do algoritmo de Jenson e Domingue (1988) atribui-se direção de fluxo para as células em direção a célula vizinha de maior declividade, além de

realizar o preenchimento de áreas de depressão onde o escoamento converge, possibilitando assim as operações hidrológicas através do geração da drenagem da sub-bacia.

A precipitação média anual a montante de cada estação foi calculada através das isoietas disponibilizadas pelo Atlas Pluviométrico do Brasil (PINTO *et al.*, 2011). Usando a ferramenta de interpolação TOPO TO RASTER do programa ArcGIS 10.1 (MARCUIZZO *et al.*, 2011), foi gerado um arquivo *raster* a partir das isolinhas, onde a média ponderada de precipitação dos pixels das sub-bacias de interesse foi obtida utilizando a ferramenta ZONAL STATISTICS do ArcGIS 10.1.

2.3. Regressões: simples e robusta

Para a regressão simples, utilizou-se a ferramenta “Análise de Dados” do gerenciador de planilhas da *Microsoft Office Excel®* (MICROSOFT EXCEL OFFICE, 2014).

A base da regressão robusta é a estimação-*M*, conceito introduzido por Huber (1964), e que é detalhado em seu trabalho. A fim de implementar a regressão robusta para a estimativa da $Q_{7,10}$, utilizou-se o programa MATLAB (MATHWORKS, 2013), que contempla vários estimadores-*M* (BARROS, 2013), cujas especificidades para este trabalho estão em Melati (2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Simulações para a determinação da $Q_{7,10}$

A Tabela 1 apresenta os resultados das diferentes simulações realizadas para a vazão $Q_{7,10}$ para a situação com uma e duas regiões homogêneas utilizando como variável explicativa a área de drenagem, onde para ambas as situações se verificou que todas as simulações apresentaram o maior desvio superior a 20%, dessa forma as simulações foram descartadas (MELATI, 2015).

Tabela 1 - Simulações de regressão da vazão $Q_{7,10}$ para os diferentes agrupamentos de estações utilizando a variável explicativa área para uma e duas regiões homogêneas.

Simulação	Regressão	$Q_{7,10}$ - Área											
		k	w	u	$\ln Q_{7,10}^{\% \text{obs}} \times \ln A$	$\ln Q_{7,10}^{\% \text{obs}} \times \ln Q_{7,10}^{\text{calc}}$	Nº de Estações	Soma do Quadrado das Diferenças	Desvio Médio Quadrado	Maior Desvio (%)	Menor Desvio (%)	Maior AD (km ²)	Menor AD (km ²)
Considerando Apenas Uma Região Homogênea													
1	Simple	0,013	0,604	-	0,707	0,791	15	19,757	1,317	161,78	4,84	19042,9	317,0
	Robusta	0,013	0,607	-	0,707	0,791		19,536	1,302	169,83	1,32		
2	Simple	0,001	0,950	-	0,945	0,968	6	0,408	0,068	28,27	15,14	6405,6	789,6
	Robusta	0,001	0,947	-	0,945	0,968		0,405	0,067	28,47	14,96		
3	Simple	0,001	0,988	-	0,954	0,962	5	0,438	0,088	24,49	13,86	6405,6	435,9
	Robusta	0,001	0,989	-	0,954	0,962		0,437	0,087	24,74	13,36		
4	Simple	0,001	0,857	-	0,971	0,998	6	0,296	0,049	31,78	5,44	19042,9	789,6
	Robusta	0,001	0,855	-	0,971	0,998		0,271	0,045	32,56	5,56		
5	Simple	0,015	0,642	-	0,923	0,968	6	1,530	0,255	34,70	1,45	12048,0	317,0
	Robusta	0,015	0,643	-	0,923	0,968		1,550	0,258	35,86	3,02		
6	Simple	0,001	0,884	-	0,977	0,997	5	0,394	0,079	27,39	6,91	19042,9	435,9
	Robusta	0,001	0,887	-	0,977	0,997		0,385	0,077	27,98	7,32		
7	Simple	0,001	0,923	-	0,977	0,950	6	4,360	0,727	24,00	1,02	19042,9	435,9
	Robusta	0,001	0,924	-	0,977	0,949		4,357	0,726	24,28	0,81		
Considerando Duas Regiões Homogêneas													
8	Simple	0,001	0,903	-	0,942	0,992	5	0,075	0,015	26,91	3,08	6405,6	789,6
	R1 Robusta	0,001	0,901	-	0,942	0,992		0,073	0,015	27,37	2,72		
8	Simple	0,015	0,642	-	0,923	0,968	6	1,530	0,255	34,70	1,45	12048,0	317,0
	R2 Robusta	0,015	0,643	-	0,923	0,968		1,550	0,258	35,86	3,02		
9	Simple	0,001	0,903	-	0,942	0,992	5	0,075	0,015	26,91	3,08	6405,6	789,6
	R1 Robusta	0,001	0,901	-	0,942	0,992		0,073	0,015	27,37	2,72		
9	Simple	0,015	0,637	-	0,978	0,990	5	0,706	0,141	20,65	2,38	12048,0	317,0
	R2 Robusta	0,015	0,637	-	0,978	0,991		0,699	0,140	20,68	2,34		



A Tabela 2 apresenta os resultados das diferentes simulações realizadas para a vazão $Q_{7,10}$ para a situação com uma e duas regiões homogêneas utilizando como variáveis explicativas a área de drenagem e a precipitação. Para uma região homogênea verifica-se que as simulações 1 a 5 e 7 apresentaram o maior desvio superior a 20%, dessa forma as respectivas simulações foram descartadas, a simulação 6 foi a única a apresentar maior desvio dentro do limite estabelecido, onde os maiores desvios foram de 15,12% para a regressão simples e 15,01% para a regressão robusta, onde o intervalo da área de validade das equações foi de 436 a 19.043km² e se utilizou cinco estações FD (Tabela 2). Entretanto para duas regiões homogêneas (Tabela 2), as simulações 8 e 9 apresentaram desvio máximo tolerado acima do limite máximo de 20% estabelecido, dessa forma os resultados obtidos não foram utilizados. Optou-se por utilizar os resultados obtidos pela regressão robusta (6), devido aos valores menores para o maior desvio e para o desvio médio quadrado.

Tabela 2 - Simulações de regressão da vazão $Q_{7,10}$ para os diferentes agrupamentos de estações utilizando as variáveis explicativas área e precipitação para uma e duas regiões homogêneas.

Q _{7,10} - Área + Precipitação													
Simulação	Regressão	k	w	u	lnQ _{7,10obs} X lnA e lnP - r ²	lnQ _{7,10obs} X lnQ _{7,10calc} - Correlação	Nº de Estações	Soma do Quadrado das Diferenças	Desvio Médio Quadrado	Maior Desvio (%)	Menor Desvio (%)	Maior AD (km ²)	Menor AD (km ²)
Considerando Apenas Uma Região Homogênea													
1	Simples	2,93E-06	0,615	1,118	0,710	0,790	15	19,840	1,323	151,24	4,65	317,0	19042,9
	Robusta	1,05E-06	0,621	1,254	0,659	0,789		19,703	1,314	158,95	4,78		
2	Simples	1,181	0,952	-0,989	0,950	0,961	6	0,543	0,090	25,69	10,64	789,6	6405,6
	Robusta	1,383	0,952	-1,010	0,934	0,960		0,540	0,090	25,57	10,58		
3	Simples	116,250	1,006	-1,668	0,967	0,946	5	0,737	0,147	24,23	6,93	435,9	6405,6
	Robusta	143,309	1,007	-1,698	0,961	0,945		0,738	0,148	24,11	6,33		
4	Simples	210,546	0,858	-1,603	0,978	0,999	6	0,157	0,026	32,06	0,77	789,6	19042,9
	Robusta	286,575	0,856	-1,643	0,975	0,999		0,148	0,025	32,73	0,59		
5	Simples	2,54E+16	0,553	-5,535	0,973	0,994	6	0,287	0,048	20,33	0,68	317,0	12048,0
	Robusta	2,91E+16	0,552	-5,551	0,966	0,994		0,286	0,048	21,13	0,87		
6	Simples	1,47E+05	0,900	-2,539	0,993	0,999	5	0,211	0,042	15,12	0,43	435,9	19042,9
	Robusta	1,56E+05	0,900	-2,547	0,992	0,999		0,195	0,039	15,01	0,63		
7	Simples	0,007	0,920	-0,285	0,977	0,950	6	4,274	0,712	24,32	2,19	435,9	19042,9
	Robusta	0,009	0,920	-0,309	0,970	0,951		4,262	0,710	24,40	2,21		
Considerando Duas Regiões Homogêneas													
8	Simples	94,662	0,895	-1,530	0,956	0,997	5	0,055	0,011	28,11	6,10	789,6	6405,6
R1	Robusta	113,069	0,894	-1,553	0,950	0,997		0,053	0,011	28,14	5,83		
8	Simples	2,54E+16	0,553	-5,535	0,973	0,994	6	0,287	0,048	20,33	0,68	317,0	12048,0
R2	Robusta	2,91E+16	0,552	-5,551	0,966	0,994		0,286	0,048	21,13	0,87		
9	Simples	94,662	0,895	-1,530	0,956	0,997	5	0,055	0,011	28,11	6,10	789,6	6405,6
R1	Robusta	113,069	0,894	-1,553	0,950	0,997		0,053	0,011	28,14	5,83		
9	Simples	6,89E+04	0,606	-2,025	0,980	0,993	5	0,428	0,086	18,80	4,52	317,0	12048,0
R2	Robusta	5,31E+04	0,606	-1,991	0,974	0,993		0,427	0,085	18,94	4,34		

3.2. Equação da $Q_{7,10}$

As vazões para a $Q_{7,10}$ para uma região homogênea utilizando como variável explicativa área mais precipitação para a sua respectiva área de validade (Figura 2) é apresentada pela equação 1, onde a equação é válida para áreas de drenagem maiores que 435,9km² e menores que 19.042,9km², e precipitação média anual entre 1.510,0 e 1.823,3mm. Observa-se na equação (1) que, para a variável explicativa precipitação média anual, se obteve um coeficiente potencial negativo, o que desabona sua utilização. A não recomendação da utilização desta equação se deve ao fato que para uma mesma área de drenagem, em diferentes regiões da bacia, se obtém uma menor vazão $Q_{7,10}$ para a uma região com maior precipitação média anual. Os autores deste trabalho ressaltam a não recomendação da utilização desta equação, mesmo possuindo uma explicação hidrogeológica

regional para este fenômeno, que se encontra no fluxo de água subterrânea desta bacia, que vai das regiões de maior precipitação média anual para as de menor, conforme observado no mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul publicado por Machado e Freitas (2005) concomitantemente com o mapa de precipitação média anual publicado por Pinto *et al.* (2011).

$$Q_{7,10_{A+P}} = 156373,084766818 \cdot A^{0,9} \cdot P^{-2,547} \quad (1)$$

em que, $Q_{7,10}$ é a vazão mínima com sete dias consecutivos e tempo de retorno de 10 anos ($m^3 \cdot s^{-1}$).

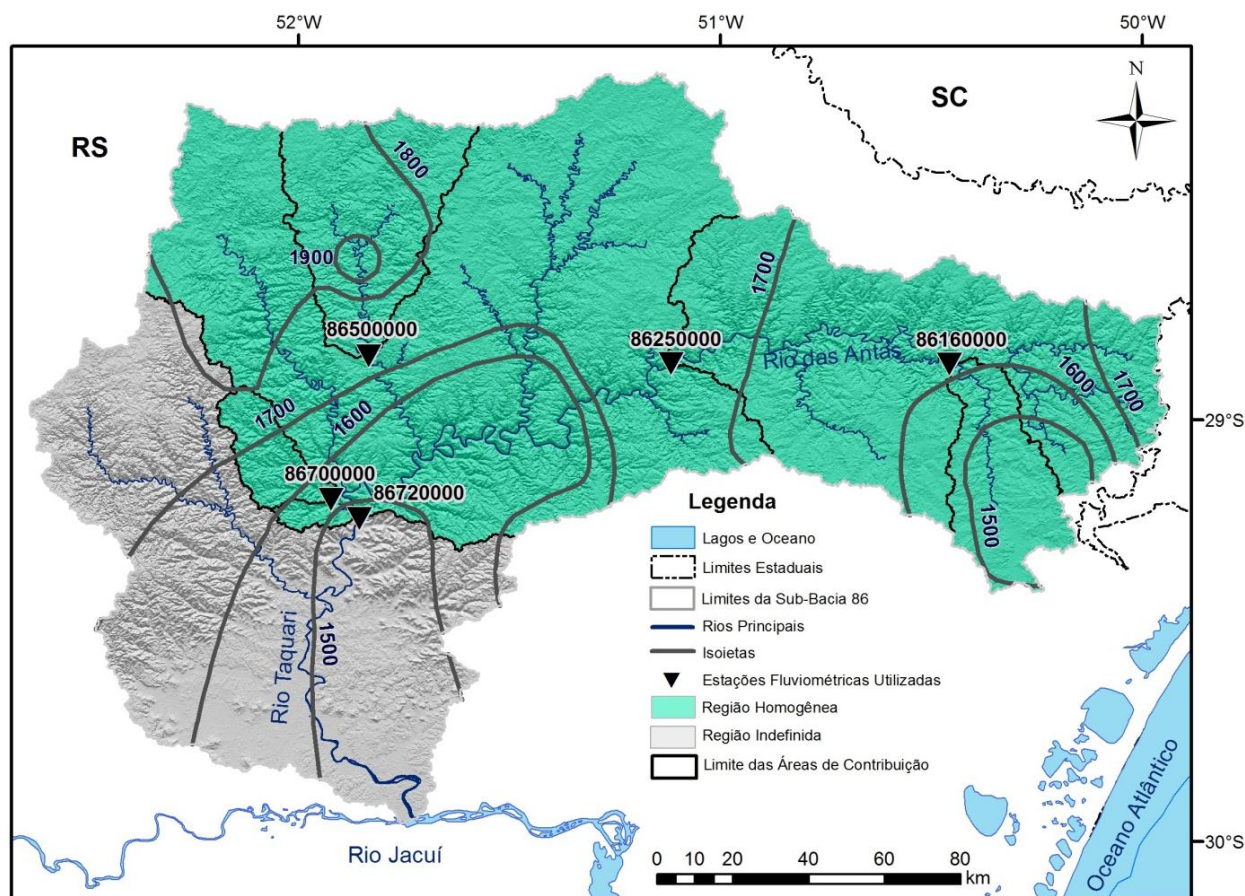


Figura 2 - Mapa da área de validade da equação da vazão $Q_{7,10}$ calculada com a área de drenagem mais precipitação pluviométrica média anual a montante utilizando apenas uma região homogênea.

3.3. Mapa da $Q_{7,10}$ com uma região homogênea da sub-bacia 86

O mapa na escala 1:500.000, com alta resolução para melhor visualização, podem ser baixados gratuitamente pelo endereço (“link”) na internet disponibilizado no Quadro 1, ou no estudo de Melati (2015) ou solicitando aos autores deste trabalho pelos respectivos e-mails.

Quadro 1 – Mapas em versão de impressão (escala 1:500.000), com melhor resolução, para baixar.

Mapas da Sub-Bacia 86	Endereços (“links”) para Baixar os Mapas nas Versões de Impressão
$Q_{7,10}$ com uma Região Homogênea	https://drive.google.com/open?id=0B_S3etRxlvYzRkMIUDhaYWVBTGc&authuser=0

4. CONCLUSÃO

A variável explicativa área de drenagem sozinha não se mostrou adequada na geração de equações de $Q_{7,10}$ na área de estudo, conforme a tolerância máxima de 20% desvio entre a vazão medida em campo (ou estabelecida por curva-chave pela observação das cotas dos rios) e a vazão calculada. Este critério qualitativo, para a aceitação da equação $Q_{7,10}$, foi obtido com a combinação das variáveis explicativas área de drenagem e precipitação média anual a montante, utilizando apenas



cinco estações FD na área de estudo. Quanto aos testes com a regressão simples e robusta, para a equação $Q_{7,10}$ escolhida, obteve-se o melhor resultado com a regressão robusta do MATLAB e uma região homogênea testada, alcançando um desvio máximo de 15,01% entre o dado de vazão utilizado na regressão e a vazão calculada. Contudo, a equação obteve um coeficiente potencial negativo para a variável explicativa precipitação média anual, o que desabona a sua utilização, considerando um sistema fechado, pois para uma mesma área de drenagem, em diferentes regiões da bacia, se obtém uma menor vazão $Q_{7,10}$ para a uma região com maior precipitação média anual. A não recomendação de utilização desta equação é devido à falta de um estudo, neste trabalho, mais detalhado do fluxo de água subterrânea no ciclo hidrológico desta bacia. A explicação deste fenômeno físico que gera o coeficiente negativo da precipitação pode estar na hidrogeologia, pois o fluxo de água subterrânea nesta bacia se movimenta das regiões de maior precipitação média anual para as de menor, se armazenando lá e ficando disponível para o escoamento de base nos períodos de estiagem. Portanto, este trabalho contribuiu para ressaltar a necessidade de estudos mais aprofundados na utilização da variável explicativa precipitação na regionalização de vazões mínimas, levando-se em consideração a hidrogeologia da bacia e o mapeando dos fluxos de água subterrânea, já que estão diretamente concatenados com o escoamento de base e, portanto, influenciam a disponibilidade para a vazão dos cursos d'água nos períodos sem chuva.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Empresa Pública do Ministério de Minas e Energia) e a UFRGS pelo fomento.

REFERÊNCIAS

- BARROS, A. L. B. de P. **Revisitando o problema de classificação de padrões na presença de outliers usando técnicas de regressão robusta**. Fortaleza: UFC, 2013. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Teleinformática) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática, Departamento de Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/8003/1/2013_tese_albpbarros.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2015.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**: Sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 29 mai. 2013.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: ABRH, 2013. 336 p.
- DINIZ, J. A. O.; BOMFIM, L. F. C.; FREITAS, M. A. de (Coord.). **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo**: Sistema de Informações Geográficas - SIG. Recife: CPRM, 2014a. Escala 1:1.000.000. Programa de Cartografia Hidrogeológica. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infolid=756&sid=9>>. Acesso em: 15 mai. 2015.
- DINIZ, J. A. O.; MONTEIRO, A. B.; SILVA, R. de C. da; PAULA, T. L. F. de. **Manual de cartografia hidrogeológica**. Recife: CPRM, 2014b. 120 p. Programa de Cartografia Hidrogeológica. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infolid=756&sid=9>>. 15 mai. 2015.
- ESRI – ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. ArcGIS. Sistema de Informação Geográfica para área de trabalho de computador, versão 10.1. 2013. Disponível em: <<https://www.arcgis.com/features/>>. Acesso em: 19 fev. 2015.
- HUBER, P. J. **Robust estimation of a location parameter**. Annals of Mathematical Statistics, v. 35, n. 1, p. 73–101, 1964. Disponível em: <https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.aoms/1177703732>. Acesso em: 21. Mai. 2015.



- MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. de. **Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul:** relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005. 1 CD-ROM Escala 1:750.000. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/relatoriohidrogeoRS.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2014.
- MAGNA ENGENHARIA (Rio Grande do Sul). Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **Avaliação quali-quantitativa das disponibilidades e demandas de água na Bacia Hidrográfica do Sistema Taquari-Antas:** Relatório técnico (RT-01): cenário atual da bacia hidrográfica do sistema Taquari-Antas. Porto Alegre: CRHRS/SOPSH/DRHS/FRHRS. 1997.
- MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 793-804, 2011. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/197/204>>. Acesso: 22 mai. 2015.
- MARCUZZO, F. F. N.; PICKBRENNER, K. **Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: estudo da vazão de 80, 85, 90 e 95% de permanência da sub-bacia 87.** Porto Alegre: CPRM, 2015. 1 DVD. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Levantamento da Geodiversidade.
- MATHWORKS. **Matlab for Windows**, version 8.2 R2013b: tutorial of optimization toolbox. [S. l.]: The MathWorks Inc., 2013. Conjunto de programas. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.mathworks.com/products/?s_tid=gn_ps>. Acesso em 23 fev. 2015.
- MELATI, M. D. **Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 para a sub-bacia do Taquari-Antas.** 2015. 129 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/40514>>.
- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Modelos digitais de elevação na delimitação automática das sub-bacias do rio Taquari-Antas no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. 1 DVD. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0075.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2015.
- MICROSOFT EXCEL OFFICE, versão 2010: **Gerenciador de planilhas eletrônicas.** [S.l.]: Microsoft Corporation, 2010. Programa. 1 CD-ROM. 2014. Disponível em: <<http://office.microsoft.com/pt-br/>>. Acesso em: 19 mai. 2014.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). Hidrologia Estatística. Belo horizonte: CPRM. 552p.
- PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos.** Brasília: CPRM, 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006.pdf>. 21/05/15.
- SIMON, F. W.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo do regime pluvial e fluvial em bacia hidrográfica com precipitação homogênea. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. Artigos, p. 1-8. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/22de4a642c2c18259e4809409096e0ff_6f2356d4ea7d3fcaba0d55bad04ebea4.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2013.
- VIRÃES, M. V. **Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: estudo da vazão de 95% de permanência da sub-bacia 50 – Bacias dos rios Itapicuru, Vaza Barris, Real, Inhambupe, Pojuca, Sergipe, Japarutuba, Subaúma e Jacuípe.** Recife: CPRM, 2014. 1 DVD. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/regionalizacao/sub_bacia_50/relatorio_sub_bacia50.pdf>. 2/10/14.