



AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SAZONAL NAS BACIAS DOS RIOS REAL, PIAUÍ E SERGIPE A PARTIR DA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

Ludmilson Abritta Mendes ^{1*}; Erwin Henrique Menezes Schneider ²

Resumo: A determinação da disponibilidade hídrica é fundamental para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Este trabalho tem como objetivo calcular as vazões de permanência $Q_{90\%}$ anual e mensal para as bacias hidrográficas dos rios Piauí, Real e Sergipe, no Estado de Sergipe, pela técnica de regionalização de vazões. Foi aplicado o Método Tradicional de regionalização em duas etapas: a primeira com a área de drenagem do posto fluviométrico como variável independente e, a segunda, incluindo sua precipitação média acumulada como variável independente. Após determinado o modelo matemático que melhor se ajustou à região, aplicou-se a equação obtida para estimar a disponibilidade hídrica das Unidades de Planejamento das bacias. São comparadas a disponibilidade hídrica anual calculada e a fornecida pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos. Também foi calculada a disponibilidade hídrica mensal para cada Unidade de Planejamento. Os resultados mostraram que as bacias estudadas possuem maior disponibilidade hídrica entre os meses de abril a setembro, o que confirma a adequação da prática da outorga sazonal.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica. Regionalização de vazões. Gestão de Recursos Hídricos.

Abstract: Determination of water availability watershed is essential to the planning and management of water resources. This study aims to calculate the annual and monthly stay flows for the river basins of the rivers Piauí, Real and Sergipe, in the State of Sergipe, using a simplified technique transfer hydrological information, regionalization. In determining the $Q_{90\%}$ remaining flow was applied the Traditional Method of regionalization in two stages: the first with the drainage area of the gaging station as variable, and the second, including your average accumulated rainfall as an independent variable. After a certain mathematical model that best fit the region, the equation obtained was applied to estimate the water availability of the Planning Units of this basin. It was possible to compare the annual water availability calculated with the presented by the State Water Resources Plan. Also defined seasonal values of water availability for each Planning Unit. The results showed that the studied basins have greater water availability between the months of April to September, confirming thus the benefits of the practice of seasonal grant.

Keywords: Water availability. Regionalization flows. Management of Water Resources.

INTRODUÇÃO

A determinação da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas é essencial ao planejamento e gestão dos recursos hídricos. Para isso é necessário quantificar suas vazões, o que é feito a partir dos dados das estações fluviométricas situadas na bacia. Porém a cobertura da rede hidrométrica em diversas regiões do país, principalmente para pequenas bacias, é pequena, deixando parte delas sem dados ou com dados insuficientes à estimativa dessas vazões.

Essa deficiência acarreta o uso de métodos como a regionalização de vazões, que consiste em uma técnica utilizada para estimar variáveis hidrológicas em locais sem dados ou em quantidade

¹Universidade Federal de Sergipe (UFS), lamendes@ufs.br

²Universidade Federal de Sergipe (UFS), erwinhenrique@gmail.com



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

insuficiente, por meio da transferência de informações de um lugar para o outro de comportamento hidrológico semelhante. Essa metodologia relaciona os processos hidrológicos a características físicas e climáticas de uma bacia por meio de procedimentos matemáticos e estatísticos.

Porém o planejamento e a gestão dos recursos hídricos exigem, além do conhecimento das variáveis hidrológicas, uma organização institucional, jurídica e administrativa adequada (CRUZ, 2001). Ainda segundo Cruz (2001), a administração dos recursos hídricos, dentro de uma estrutura legal e institucional, possui duas linhas básicas: a gestão da oferta e gestão da demanda. A administração e a gestão da oferta é papel exclusivo do Estado, detentor do domínio das águas, e visam estabelecer ações para garantir maior disponibilidade qualitativa e quantitativa. A gestão da demanda tem por objetivo racionalizar e disciplinar o uso, evitando ou resolvendo situações de conflito. Uma forma de exercer esta atividade é pelo uso de um instrumento apresentado pela Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997) denominado outorga de direito de uso da água, que se constitui em uma licença emitida pelo Estado para que o usuário possa derivar determinado volume de água para atender as suas necessidades, com ou sem devolução de parte ou de todo volume retirado.

Para a implementação de um processo de outorga é necessário conhecer a disponibilidade hídrica e a demanda. A demanda pode ser estimada a partir de um cadastramento eficiente dos usuários, dinâmico e contínuo no tempo. A disponibilidade hídrica, que varia no tempo e no espaço, é estimada a partir dos dados fluviométricos da bacia ou da aplicação de modelos hidrológicos.

Cada Estado adota uma vazão de referência para outorga. Em Sergipe, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) adota a vazão com permanência de 90% no tempo ($Q_{90\%}$) como referência. A disponibilidade hídrica para outorga de captação, em qualquer seção do corpo hídrico, equivale a 90% da $Q_{90\%}$ (SERGIPE, 2010).

Este trabalho teve como objetivo estimar a disponibilidade hídrica anual e sazonal das bacias hidrográficas dos rios Piauí, Real e Sergipe pelo Método Tradicional de regionalização de vazões.

MATERIAIS E MÉTODOS

As bacias hidrográficas dos rios Piauí, Real e Sergipe possuem, respectivamente, 4.150 km², 4.972 km² e 3.754 km² de área. São de domínio federal os rios Real e Sergipe e de domínio estadual os afluentes desses rios e todos os rios da bacia hidrográfica do Piauí. O rio Piauí, com extensão de 166,193 km, nasce na divisa da Bahia e Sergipe (SERGIPE, 2010a). O rio Real tem extensão de 255,00 km (ANA, 2015) e nasce entre os municípios de Poço Verde/SE e Heliópolis/BA, sendo que seu leito marca a divisa entre esses dois Estados (SERGIPE, 2010b). O rio Sergipe nasce no limite dos municípios de Pedro Alexandre/BA e Nossa Senhora da Glória/SE e apresenta 205,55 km de extensão (SERGIPE, 2010c). Todos esses rios desaguam no oceano Atlântico no Estado de Sergipe. A cobertura da rede hidrométrica nessas bacias é baixa, o que leva ao uso de técnicas como a regionalização para estimar os deflúvios.

As estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas neste estudo são de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e têm suas informações e seus registros disponíveis no portal HidroWeb (ANA, 2015a).

A regionalização da vazão $Q_{90\%}$ foi realizada em duas etapas: a primeira tendo apenas a área de drenagem da estação fluviométrica como variável independente, e a segunda utilizando-se também a precipitação como variável independente. A área de drenagem de cada estação é fornecida pelo HidroWeb. Para os valores de precipitação média acumulada anual e sazonal, foram utilizados os dados das estações pluviométricas mais próximas das estações fluviométricas.

Na Tabela 1 são apresentadas as informações das estações utilizadas no trabalho, bem como a distância entre a estação fluviométrica e a pluviométrica.



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Tabela 1 – Estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas no estudo

Bacia Hidrográfica	Nome da estação	Código	Tipo da estação	Operador	Série histórica		Latitude	Longitude	Distância (km)
					Início	Fim			
Rio Piauí	Estância	50230000	Fluviométrica	CPRM	1949	2005	-11:15:52	-37:26:33	0,21
	Estância	1137017	Pluviométrica	CPRM	1944	2014	-11:16:00	-37:26:35	
Rio Real	Fazenda Tourão	50250000	Fluviométrica	CPRM	1978	2005	-11:11:35	-37:58:30	2,90
	Tobias Barreto	1138000	Pluviométrica	DNOCS	1913	1981	-11:11:00	-38:00:00	
	Itanhy	50290000	Fluviométrica	CPRM	1965	2005	-11:32:23	-37:34:05	6,06
	Indiaroba	1137018	Pluviométrica	SUDENE	1963	2000	-11:31:00	-37:31:00	
Rio Sergipe	Santa Rosa de Lima	50080000	Fluviométrica	CPRM	1972	2005	-10:39:51	-37:11:25	1,05
	Santa Rosa de Lima (Caboata)	1037049	Pluviométrica	CPRM	1952	2014	-10:39:10	-37:11:34	

Para realizar o processamento das séries históricas de vazão, foi usado o Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SisCAH), desenvolvido pela Universidade de Viçosa (UFV) (SOUZA, 2009), por meio do qual obtiveram-se a curva de permanência e o valor da $Q_{90\%}$. No processamento das séries, foram excluídos os meses ou anos com porcentagem de falhas superior a 30%, tanto para dados anuais quanto mensais.

As estações fluviométricas das bacias hidrográficas analisadas neste trabalho foram agrupadas em uma mesma região homogênea. Para os cálculos da regionalização, foi utilizado o software SisCoRV (SOUZA, 2009) e selecionado o Método Tradicional de cálculo, proposto por Tucci (2002), que emprega a análise de regressão múltipla para investigar como as alterações nas variáveis independentes afetam a variável dependente, resultando em modelos linear, potencial, exponencial, logarítmico e recíproco à série de dados.

Assim, foram obtidos os modelos matemáticos de regionalização da vazão $Q_{90\%}$ anual e mensal para a região homogênea em estudo. Os critérios para selecionar as melhores equações foram valores elevados do coeficiente de determinação (R^2) e baixos valores de resíduos.

A disponibilidade hídrica anual e sazonal das Unidades de Planejamento (UP) que formam as bacias analisadas foi estimada a partir das equações obtidas no processo de regionalização. Para determinar a precipitação média em cada UP, partiu-se da localização geográfica das estações pluviométricas e aplicou-se o Método dos Polígonos de Thiessen. A área de cada UP foi obtida do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-SE) (SERGIPE, 2010).

Os valores calculados da disponibilidade hídrica anual foram comparados aos adotados no PERH-SE, obtidos a partir de simulações realizadas por um modelo chuva-vazão (SERGIPE, 2010). Os valores de disponibilidade hídrica calculados para cada mês serão apenas informados, visto que o PERH-SE não determina a disponibilidade hídrica sazonal das Unidades de Planejamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Percebeu-se que a inclusão da precipitação como segunda variável independente melhorou os resultados da regionalização, a ponto de se chegar a valores de R^2 próximos da unidade e resíduos mais baixos quando comparados à regionalização calculada apenas com a área de drenagem.

Na Tabela 2 é mostrado o modelo de cálculo anual escolhido para a região em estudo, a partir dos valores elevados do coeficiente de determinação (R^2) e menores resíduos.

Tabela 2 – Equação de regionalização anual obtida para a Região do Piauí, Real e Sergipe

REGIÃO DO PIAUÍ, REAL E SERGIPE - MODELO POTENCIAL						
Estações Fluviométricas	Área (km ²)	Precipitação(mm)	$Q_{90\%}$ (m ³ /s)	R^2	Resíduos (%)	Equação
Santa Rosa de Lima	1960	1184,2	0,1239	0,9423	115,5522	$Q = 1,88653E-19 \times A^{-0,4248877} \times p^{6,360939}$
Estância	440	1314,3	1,2311		-20,5801	
Fazenda Tourão	2895	731,5	0,0129		-18,2485	
Itanhy	4320	1471,8	1,0652		-28,5467	



O modelo matemático que inicialmente melhor se ajustou aos dados foi o Potencial, que mostrou elevado valor de R^2 , apesar de ter apresentado um elevado valor de resíduos para a estação de Santa Rosa de Lima, situada na bacia hidrográfica do rio Sergipe.

Analogamente à regionalização anual, a inclusão da precipitação acumulada como variável independente trouxe resultados melhores na regionalização mensal. Na Tabela 3 apresentam-se os melhores R^2 e o modelo de cálculo para cada mês. Na Tabela 4 apresentam-se os resíduos para os modelos de cálculo escolhidos, o valor de $Q_{90\%}$, o valor da área de drenagem de cada estação envolvida no projeto e sua respectiva precipitação mensal.

Tabela 3 – Equações de regionalização mensal para a Região do Piauí, Real e Sergipe

REGIÃO DO PIAUÍ, REAL E SERGIPE				
Estação Fluiométrica	Mês	R^2	Tipo da equação	Equação
Santa Rosa de Lima Estância Fazenda Tourão Itanhy	Janeiro	0,9601	Potencial	$Q = 1,72E-13 \times A^{0,60847} \times P^{8,232743}$
	Fevereiro	0,9925	Exponencial	$Q = e^{(0,000901 + (-0,00053) \times A + 0,087762 \times P)}$
	Março	0,9270	Recíproco	$Q = [92,12902 + 0,004671 \times \ln A + (-0,93618) \times \ln P]^{-1}$
	Abril	0,9857	Exponencial	$Q = e^{(0,001255 + (-0,00031) \times A + 0,039518 \times P)}$
	Maio	0,9999	Exponencial	$Q = e^{(0,001649 + (-0,00039) \times A + 0,031947 \times P)}$
	Junho	0,9669	Potencial	$Q = 1,67E-08 \times A^{0,36759} \times P^{3,996833}$
	Julho	0,8216	Potencial	$Q = 1,46E-11 \times A^{0,003732} \times P^{4,956837}$
	Agosto	0,9630	Exponencial	$Q = e^{(0,004788 + (-0,00012) \times A + 0,045423 \times P)}$
	Setembro	0,9789	Exponencial	$Q = e^{(8,21E-05 + 0,000238 \times A + 0,114202 \times P)}$
	Outubro	0,9526	Potencial	$Q = 4,21E-13 \times A^{0,44055} \times P^{7,61627}$
	Novembro	0,8929	Linear	$Q = -1,01711 + (-0,00013) \times A + 0,033393 \times P$
	Dezembro	0,7025	Recíproco	$Q = [-176,203 + (-0,00759) \times \ln A + 5,461245 \times \ln P]^{-1}$

Tabela 4 – Vazão $Q_{90\%}$, resíduos, área de drenagem e precipitação mensal de cada estação

REGIÃO DO PIAUÍ, REAL E SERGIPE														
Estação Fluiométrica	Área (km ²)		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Santa Rosa de Lima	1960	P (mm)	47,72	53,49	79,46	155,97	191,44	182,94	184,01	128,11	76,07	59,89	37,13	31,24
		$Q_{90\%}$	0,0564	0,0446	0,0283	0,2282	0,3401	0,6946	0,9186	0,7577	0,4935	0,2460	0,1278	0,0738
		Resíduos (%)	100,52	-21,97	31,22	41,98	2,95	63,02	174,71	69,00	57,19	108,69	-130,55	-166,21
Estância	440	P (mm)	51,99	75,69	95,30	171,97	223,56	182,49	170,46	128,24	84,45	60,85	63,34	38,40
		$Q_{90\%}$	0,6939	0,5007	0,6653	1,1677	1,7828	2,2712	2,4982	2,0757	1,8076	1,4199	1,0272	0,9868
		Resíduos (%)	-18,15	9,24	-69,75	-16,18	-1,37	-14,52	-31,25	-25,80	-22,14	-21,21	1,15	-96,64
Fazenda Tourão	2895	P (mm)	33,18	44,97	63,22	88,63	115,94	84,55	89,44	57,34	41,46	35,84	49,56	55,26
		$Q_{90\%}$	0,0056	0,0084	0,0238	0,0187	0,0221	0,0481	0,0613	0,0488	0,0199	0,0095	0,0070	0,0079
		Resíduos (%)	-20,60	18,56	-9,63	-9,51	-1,07	-6,73	15,43	-5,50	-6,52	-8,82	3511,49	22,28
Itanhy	4320	P (mm)	61,39	102,01	118,03	208,67	271,37	224,89	167,17	151,44	77,84	66,70	74,66	43,61
		$Q_{90\%}$	0,7237	0,7085	0,7420	1,3443	1,8160	2,5117	3,4276	3,3188	1,9026	1,2339	0,9876	0,7894
		Resíduos (%)	-23,26	-1,05	-25,44	-7,14	-0,46	-23,06	-54,12	-15,62	-12,58	-33,30	-9,02	-95,66

A região homogênea dos rios Piauí, Real e Sergipe apresentou valores de resíduos muito elevados. Uma alternativa para diminuir os resíduos seria subdividir a região, trabalhando-se, assim, com duas ou três regiões homogêneas. No entanto o SisCoRV restringe o cálculo da vazão de regionalização em função do número de postos e do número de variáveis independentes utilizadas. Para o uso de duas variáveis independentes, são necessários quatro postos fluiométricos na região analisada. Daí a necessidade de se manter essas três bacias na mesma região homogênea. Assim, mesmo que essa limitação possa trazer incertezas ao processo de regionalização da vazão para essas bacias, o trabalho foi realizado considerando que se trata de bacias relevantes para o Estado de Sergipe, cujos rios são demandados para o abastecimento humano e de áreas irrigadas, sendo de grande importância a estimativa de sua disponibilidade hídrica.



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Para o cálculo da disponibilidade hídrica de cada UP, foram usadas as equações obtidas nos melhores modelos matemáticos da regionalização da $Q_{90\%}$. O PERH-SE define a disponibilidade hídrica como igual a 90% da vazão $Q_{90\%}$, sendo os outros 10% usados como vazão ambiental (SERGIPE, 2010). Na Tabela 5, são apresentados, para cada UP, os valores da disponibilidade hídrica anual calculada pela regionalização e a disponibilidade hídrica informada pelo PERH-SE, obtida pelo uso de modelos chuva-vazão.

Tabela 5 – Comparação entre a disponibilidade hídrica (DH) anual calculada e a prevista pelo PERH-SE

Bacia Hidrográfica	Unidades de Planejam	Área (km ²)	Precipitação (mm)	DH PERH-SE (m ³ /s)	DH calculada (m ³ /s)
Rio Piauí	Alto Rio Piauí	977,01	903,5	0,11	251,18
	Rio Arauá	676,31	1073,4	0,02	816,85
	Rio Piauitinga	416,92	1267,7	0,23	3079,74
	Rio Fundo	362,74	1263,5	0,20	3036,96
	Rio Guararema	440,16	1480,7	0,24	12231,72
	Rio Piauí	1057,53	1160,7	0,06	1311,10
Rio Real	Alto Rio Real	947,15	652,5	0,03	49,49
	Rio Jabiberi	454,41	823,6	0,04	170,06
	Médio Rio Real	387,78	963,9	0,05	430,53
	Rio Itamirim	455,25	979,6	0,06	468,75
	Baixo Rio Real	128,37	1471,8	0,06	12468,66
Rio Sergipe	Alto Rio Sergipe	1535,31	688,6	0,32	54,11
	Rio Jacarecica	501,99	1108,1	0,49	1068,42
	Rio Cotinguiba	238,56	1265,7	0,10	3177,64
	Baixo Rio Sergipe	1050,04	1142,2	0,21	1164,41
	Rio Poxim	346,72	1315,1	0,13	4265,52

Os resultados mostrados na Tabela 5 não são satisfatórios. O melhor modelo de regionalização, quando aplicado ao cálculo da disponibilidade hídrica, resultou em valores que extrapolaram em muito as vazões nas respectivas bacias. Isso é consequência, principalmente, da precariedade de estações fluviométricas na região.

Foram selecionados, assim, outros modelos de cálculo da $Q_{90\%}$ que também apresentaram altos valores de R^2 e baixos resíduos, para um novo cálculo da disponibilidade hídrica. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 6. Ressalta-se que a UP Piauitinga tem instalada, em seu exutório, a estação fluviométrica Estância, cujo valor de $0,9 \times Q_{90\%}$ é igual a 1,10 m³/s, sendo assim adotado este valor para a disponibilidade hídrica desta UP.

Tabela 6 – Disponibilidade hídrica anual: valores segundo o PERH-SE e valores regionalizados

Bacia Hidrográfica	Unidade de Planejamento	DH PERH-SE (m ³ /s)	DH calculada (m ³ /s)	Tipo da equação	Equação
Rio Piauí	Alto Rio Piauí	0,11	0,06	Potencial	$Q = 1,89E-19 \times A^{-0,42489} \times P^{6,360939}$
	Rio Arauá	0,02	0,20		
	Rio Piauitinga	0,23	1,10*		
	Rio Fundo	0,20	0,74		
	Rio Guararema	0,24	1,88		
	Rio Piauí	0,06	0,28		
Rio Real	Alto Rio Real	0,03	0,01	Potencial	$Q = 1,89E-19 \times A^{-0,42489} \times P^{6,360939}$
	Rio Jabiberi	0,04	0,04		
	Médio Rio Real	0,05	0,13		
	Rio Itamirim	0,06	0,13		
Rio Sergipe	Baixo Rio Real	0,06	3,05	Potencial	$Q = 1,89E-19 \times A^{-0,42489} \times P^{6,360939}$
	Alto Rio Sergipe	0,32	0,01		
	Rio Jacarecica	0,49	0,28		
	Rio Cotinguiba	0,10	0,90		
	Baixo Rio Sergipe	0,21	0,25		
Rio Poxim	0,13	0,98			

*Valor de 90% da $Q_{90\%}$ da estação fluviométrica



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Notou-se uma melhora significativa nos resultados se comparados aos mostrados na Tabela 5. Analogamente ao cálculo da disponibilidade hídrica anual, a disponibilidade hídrica mensal foi calculada usando as melhores equações de regionalização da vazão $Q_{90\%}$. Assim como observado anteriormente, houve meses em que os resultados obtidos não se mostraram coerentes à realidade hidrológica da bacia. E, da forma análoga ao cálculo da disponibilidade hídrica anual, foi recalculado o valor da disponibilidade hídrica mensal por outros modelos matemáticos que também apresentaram altos valores de R^2 e baixos resíduos. Os resultados são mostrados na Tabela 7. Os resultados mostram-se coerentes ao regime hidrológico das bacias hidrográficas estudadas, com vazões mais elevadas de abril a setembro.

Tabela 7 – Valores calculados para a disponibilidade hídrica mensal nas Unidades de Planejamento

		Disponibilidade Hídrica: 90% da $Q_{90\%}$ (m^3/s)											
Bacia Hidrográfica	Unidade de Planejamento	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Rio Piauí	Alto Rio Piauí	0,04	0,02	0,11	0,06	0,06	0,26	0,39	0,31	0,05	0,02	0,14	0,11
	Rio Arauá	0,22	0,81	0,71	0,51	0,62	1,21	1,06	0,68	0,33	0,27	0,77	0,10
	Rio Piauitinga	0,62*	0,45*	0,60*	1,05*	1,60*	2,04*	2,25*	1,87*	1,63*	1,28*	0,92*	0,89*
	Rio Fundo	0,68	0,54	2,52	0,94	2,84	2,24	1,76	1,19	0,30	0,08	0,58	0,23
	Rio Guararema	1,84	2,37	2,52	2,97	3,69	4,99	2,99	3,08	5,07	1,67	1,13	0,12
	Rio Piauí	0,27	0,22	0,77	0,34	0,54	0,68	0,91	0,67	0,25	0,07	0,27	0,07
Rio Real	Alto Rio Real	0,01	0,01	0,04	0,03	0,03	0,06	0,08	0,05	0,00	0,00	0,10	0,14
	Rio Jabiberi	0,02	0,05	0,05	0,04	0,08	0,19	0,19	0,17	0,05	0,03	0,43	0,15
	Médio Rio Real	0,02	0,61	0,27	0,17	0,54	1,00	0,82	0,74	0,04	0,07	0,41	0,27
	Rio Itamirim	0,12	0,85	0,50	0,31	0,53	1,21	0,74	0,65	0,09	0,27	0,59	0,18
	Baixo Rio Real	4,25	5,03	3,54	4,04	7,74	6,33	1,40	3,73	0,61	3,49	5,71	0,55
Rio Sergipe	Alto Rio Sergipe	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,18	0,13	0,07	0,01	0,00	0,01	0,35
	Rio Jacarecica	0,22	0,11	0,39	0,23	0,48	1,09	1,76	1,64	0,50	0,04	0,17	0,25
	Rio Cotinguiba	0,08	0,17	0,76	1,06	2,74	2,14	1,37	1,19	0,65	0,71	0,58	0,79
	Baixo Rio Sergipe	0,05	0,05	0,18	0,42	0,99	1,01	1,37	0,66	0,47	0,16	0,07	0,23
	Rio Poxim	0,44	0,38	1,21	1,89	2,67	3,02	2,50	1,47	0,85	0,68	0,44	0,36

*Valor de 90% da $Q_{90\%}$ da estação fluviométrica

Na Tabela 8 são expostas as equações de regionalização da $Q_{90\%}$ utilizadas para determinar os valores de disponibilidade hídrica apresentados na Tabela 7.

Tabela 8 – Equações de regionalização da $Q_{90\%}$ para as bacias do Piauí, Real e Sergipe

Bacias Hidrográficas	Período	Tipo da equação	Equação
Piauí Real Sergipe	Janeiro	Potencial	$Q = 1,72E-13 \times A^{-0,60847} \times P^{8,232743}$
	Fevereiro	Potencial	$Q = 9,66E-10 \times A^{-0,58159} \times P^{5,470675}$
	Março	Potencial	$Q = 3,08E-12 \times A^{-0,52976} \times P^{6,3822}$
	Abril	Potencial	$Q = 4,52E-11 \times A^{-0,39427} \times P^{5,099623}$
	Mai	Potencial	$Q = 5,8E-12 \times A^{-0,45372} \times P^{5,394342}$
	Junho	Potencial	$Q = 1,67E-08 \times A^{-0,36759} \times P^{3,996833}$
	Julho	Potencial	$Q = 1,46E-11 \times A^{0,003732} \times P^{4,956837}$
	Agosto	Potencial	$Q = 8,1E-09 \times A^{-0,15542} \times P^{4,144858}$
	Setembro	Potencial	$Q = 9,7E-14 \times A^{0,183006} \times P^{6,587299}$
	Outubro	Potencial	$Q = 4,21E-13 \times A^{-0,44055} \times P^{7,616274}$
	Novembro	Potencial	$Q = 1,93E-06 \times A^{-0,82995} \times P^{4,413026}$
	Dezembro	Potencial	$Q = 1974401 \times A^{-0,60818} \times P^{-3,18815}$



Nas Figuras 1, 2 e 3 são comparadas as disponibilidades hídricas mensal e anual, bem como a precipitação mensal, para as bacias hidrográficas dos rios Piauí, Real e Sergipe respectivamente.

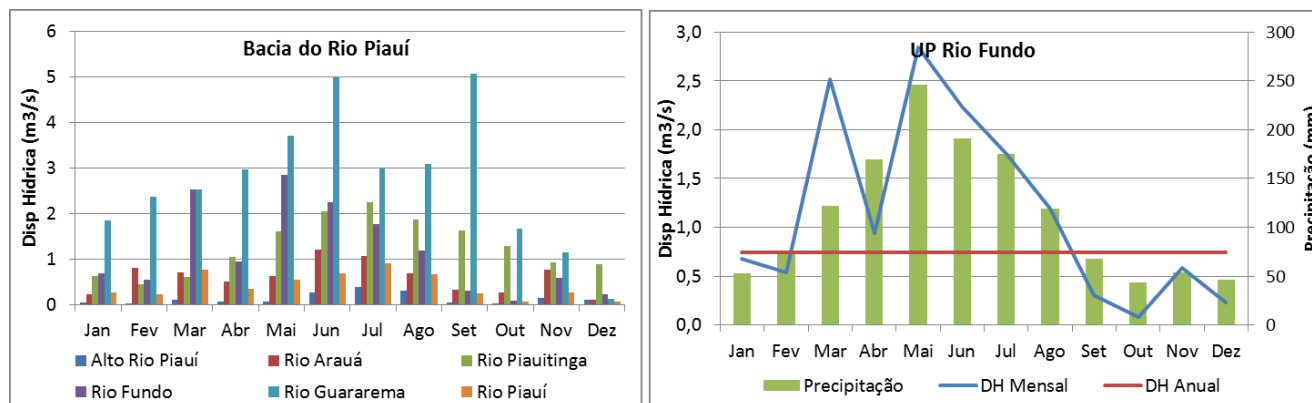


Figura 1 – Disponibilidade hídrica (DH) mensal para a bacia do rio Piauí e DH mensal e anual da UP Rio Fundo

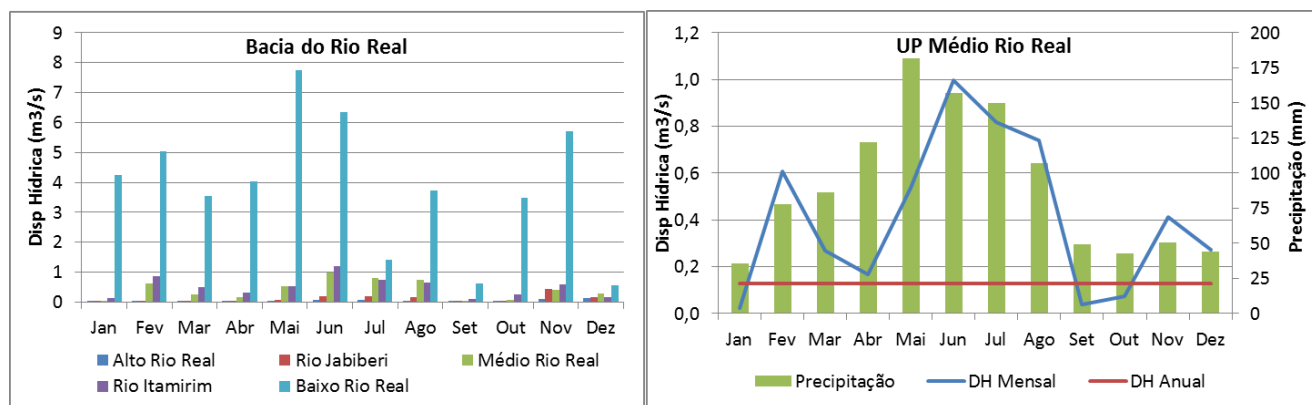


Figura 2 – Disponibilidade hídrica (DH) mensal para a bacia do rio Real e DH mensal e anual da UP Médio Rio Real

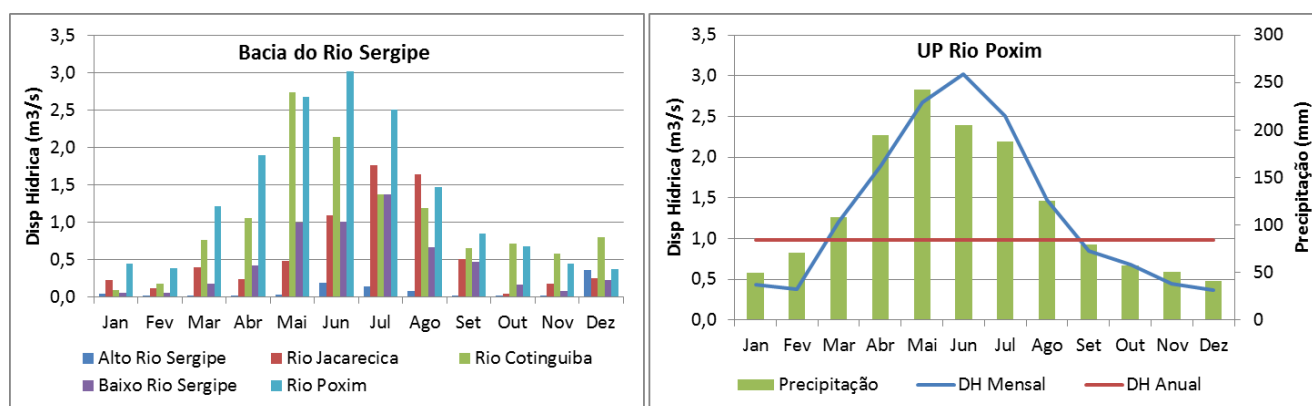


Figura 3 – Disponibilidade hídrica (DH) mensal para a bacia do rio Sergipe e DH mensal e anual da UP do Rio Poxim

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que, para as bacias analisadas, a estimativa da vazão $Q_{90\%}$ por meio da regionalização mostrou-se razoável considerando a área de drenagem e a precipitação acumulada média como variáveis independentes.



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

A regionalização da vazão $Q_{90\%}$ sazonal apresentou resultados coerentes com a hidrologia das bacias, principalmente para as dos rios Sergipe e Piauí. Considerando a variação expressiva da disponibilidade hídrica ao longo do ano, o sistema de outorga sazonal, adotado pelo Estado de Sergipe, deve ser mantido por se mostrar adequado ao comportamento dos corpos hídricos. O Estado deve dispor, portanto, de métodos que possibilitem estimar a vazão outorgável em cada mês nas bacias em que a cobertura da rede de estações fluviométricas ainda é baixa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio fornecido pela Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) do Estado de Sergipe.

REFERÊNCIAS

ANA. *Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas*. Mapas. Disponível em: <http://mapaz.ana.gov.br/pnga>. Acesso em 28 de abril de 2015. Brasil: ANA, 2015.

ANA. *Sistemas de informações hidrológicas HidroWeb*. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em 09 de abril de 2015, v. 1, 2006. Brasil: ANA, 2015a

BRASIL. *Lei N.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

CRUZ, J.C. *Disponibilidade hídrica para outorga: Avaliação de aspectos técnicos e conceituais*. Porto Alegre, 2001. 199 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SERGIPE. *Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe: Sumário executivo*. Aracaju: SEMARH, 2010.

SERGIPE. *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: Diagnóstico das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas, considerando a qualidade e quantidade da água*. Volume 1: Levantamento, inventário e estudo dos recursos hídricos superficiais. Tomo III: Bacia Hidrográfica do Rio Piauí. Aracaju: SEMARH, 2010a.

SERGIPE. *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: Diagnóstico das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas, considerando a qualidade e quantidade da água*. Volume 1: Levantamento, inventário e estudo dos recursos hídricos superficiais. Tomo V: Bacia Hidrográfica do Rio Real. Aracaju: SEMARH, 2010b.

SERGIPE. *Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: Diagnóstico das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas, considerando a qualidade e quantidade da água*. Volume 1: Levantamento, inventário e estudo dos recursos hídricos superficiais. Tomo II: Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. Aracaju: SEMARH, 2010c.

SERGIPE. *Lei n.º 3.870, de 25 de setembro de 1997*. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

SERGIPE. *Decreto 18.456, de 03 de dezembro de 1999*. Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos, de domínio do Estado, de que trata a Lei n.º 3.870, de 25 de setembro de 1997, e da providências correlatas.

SOUSA, H.T. *Sistema computacional para regionalização de vazões*. Viçosa, 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.

TUCCI, C.E.M. *Regionalização de vazões*. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 256 p.