

INDICADORES REGIONAIS APLICÁVEIS À AVALIAÇÃO DO REGIME DE VAZÃO DOS CURSOS D'ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITABAPOANA

José Antônio Tosta dos REIS, Marília Alves GUIMARÃES,
Aurélio Azevedo BARRETO NETO, Jacqueline BRINGHENTI

Coordenadoria de Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.
Avenida Vitória, 1729 – Jucutuquara. CEP 29.040-333. Vitória, ES. Endereços eletrônicos: tosta@cefetes.br;
mariliagui@gmail.com; aurelio@cefetes.br; jaquelineb@cefetes.br

Introdução
Área de Estudo
Materiais e Métodos
 Informações Hidrológicas
 Indicadores Regionais
 Indicadores de Vazão Média a Vazão Específica
 Indicadores Obtidos a Partir da Curva de Permanência ($r_{p_{95}}$ e $r_{p_{50}}$)
 Indicadores de Vazões Mínimas
 Indicadores de Vazões Máximas (r_{m_c} e r_{100})
Resultados e Discussão
Conclusões e Recomendações
Referências Bibliográficas

RESUMO – No Brasil, em virtude das deficiências da rede hidrométrica em funcionamento, a regionalização hidrológica tem sido recorrentemente empregada para a avaliação do comportamento do regime de vazões em diferentes bacias hidrográficas. Um indicador regional é um valor médio de uma variável ou uma proporção entre variáveis hidrológicas, comum para uma região hidrológicamente homogênea. O presente estudo estabeleceu indicadores regionais aplicáveis à avaliação de vazões nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Itabapoana, importante sistema hídrico para a porção sul do Estado do Espírito Santo. Os indicadores obtidos apresentaram-se consistentes, produzindo erros percentuais entre valores reais e estimados de vazões similares a aqueles reportados na literatura técnica corrente.

Palavras-chave: Rio Itabapoana, indicador regional, regionalização hidrológica, vazão.

ABSTRACT – *J.A.T. dos Reis, M.A. Guimarães, A.A. Barreto Neto, J. Bringhamti - Regional indicators suitable to the evaluation of flows in streams of the Itabapoana watershed.* In Brazil, there are few and deficient streamflow gauging stations in operation, the hydrologic regionalization has been employed for the evaluation of the behavior of flows in watersheds. A regional indicator is an average value variable or a proportion among hydrologic variables common for a hydrologically homogeneous region. This work established regional indicators suitable to the evaluation of flows in streams of the Itabapoana watershed that is an important hydrologic system for the South of Espírito Santo State. The obtained indicators were representative, producing percentile mistakes between real and calculated flow values similar for those presented in the technical literature.

Keywords: Itabapoana river, hydrologic regionalization, regional indicator, flow stream.

INTRODUÇÃO

Conhecer adequadamente o comportamento dos processos hidrológicos constitui um dos maiores desafios em Hidrologia. O entendimento qualitativo das diferentes fases do ciclo hidrológico normalmente não permite o gerenciamento dos recursos hídricos dentro de bases ambientalmente sustentáveis, sendo comum a etapa de quantificação.

A quantificação dos processos hidrológicos depende da observação de variáveis que têm comportamento espacial e temporal aleatório e cuja estimativa depende de amostras confiáveis e representativas. O melhor entendimento do comportamento aleatório de uma ou

mais variáveis que representam um sistema hídrico depende, em última análise, das informações observadas localmente neste sistema.

No entanto, a inexistência de amostras suficientemente longas para as variáveis hidrológicas estabelece um limite ao grau de sofisticação da análise local destas variáveis. Em função disso, a variável espaço ganhou força frente à variável tempo, estabelecendo a análise regional de um conjunto de informações hidrológicas, apropriadas em locais diferentes, como alternativa para compensar as amostras locais de tamanho relativamente curto (Naghetini & Pinto, 2007).

Neste contexto surge a regionalização hidrológica, técnica de análise que permite a transferência espacial de informações dentro de uma área de comportamento hidrológico semelhante. Os estudos de González & Valdéz (2008), Timilsena & Piechota (2008), Santhi et al. (2008), Dinpashoha et al. (2004), Durrans & Kirby (2004), Coser (2003), Baena (2002) e Euclides et al. (2001) constituem exemplos da aplicação da técnica de regionalização para a descrição do comportamento de diferentes fases do ciclo hidrológico.

A técnica de regionalização pode ser aplicada para variáveis ou funções hidrológicas. A regionalização de uma função hidrológica ocorre quando a referida função pode ser reconstruída a partir das informações fisiográficas ou climatológicas pontualmente disponíveis. De maneira similar, uma variável hidrológica está regionalizada quando seu valor pode ser estimado a partir das informações pontualmente disponíveis.

Como alternativa para a regionalização de variáveis hidrológicas apresentam-se os indicadores

regionais. Um indicador regional é um valor médio de uma variável hidrológica (ou uma proporção entre variáveis hidrológicas) característico de uma região com comportamento homogêneo.

Dentre os diferentes indicadores regionais empregados para avaliação de vazões em regiões consideradas hidrológicamente homogêneas, a vazão específica tem sido o indicador mais recorrentemente utilizado (Agra et al., 2005; Pruski et al., 2004). Embora alguns trabalhos ilustrem o emprego dos diversos indicadores regionais disponíveis para a avaliação do regime de vazão (Tucci, 2002; Clarke & Tucci, 2003), não é recorrente a apropriação de indicadores regionais para avaliação de vazões mínimas, médias e máximas numa mesma bacia hidrográfica.

O presente estudo tem por finalidade estabelecer indicadores regionais aplicáveis à avaliação do regime de vazões nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Itabapoana, importante sistema hídrico da porção sul do Estado do Espírito Santo.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa foi a bacia hidrográfica do Rio Itabapoana, região limitada pelas Bacias do Rio Paraíba do Sul (ao sul), do Rio Itapemirim (ao norte), do Rio Doce (a oeste) e pelo Oceano Atlântico (a leste). Ocupa uma área de 4.875,46 km², distribuída entre os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Abrange 18 municípios e a população que vive diretamente ligada à bacia está estimada em aproximadamente 248.000 habitantes.

Na economia da bacia do Rio Itabapoana predominam serviços urbanos e os serviços do setor primário, principalmente aqueles vinculados à pecuária, café,

cana-de-açúcar, e fruticultura tropical.

Na região, a atividade agropecuária exerce considerável pressão sobre os recursos hídricos, impondo a necessidade de adequada quantificação das vazões de estiagem. Por outro lado, os eventuais episódios de cheias têm produzido consideráveis prejuízos econômicos em função da ocupação inadequada das margens de alguns cursos d'água da bacia. Neste caso, como acontece na maior parte do Território Nacional, a ocupação ocorreu sem a adequada avaliação das cotas de inundação associadas à episódios de cheias.

MATERIAIS E MÉTODOS

INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS

As informações fluviométricas e fisiográficas necessárias ao desenvolvimento deste estudo foram obtidas a partir da base de dados da Agência Nacional de Águas – ANA. Para o estabelecimento dos indicadores regionais de vazões foram consideradas estações fluviométricas em operação, com registros consistidos e com séries históricas superiores a 30 anos de registros diários.

As estações fluviométricas selecionadas segundo estes critérios estão apresentadas na Tabela 1. Esta tabela apresenta, adicionalmente as coordenadas geográficas, altitude, área de drenagem e extensão da série histórica de cada estação analisada.

Para manipulação dos registros de vazão foi utilizado o programa computacional HIDRO (ANA, 2002), programa de domínio público produzido e disponibilizado pela ANA.

INDICADORES REGIONAIS

Foram estabelecidos indicadores aplicáveis à apropriação de vazões médias, vazões mínimas, vazões máximas e de vazões características da curva de permanência. Uma breve descrição dos indicadores é apresentada nos parágrafos subsequentes. Discussões mais detalhadas acerca de indicadores regionais de vazão podem ser encontradas em trabalhos como Tucci (2002) e Clarke & Tucci (2003).

TABELA 1. Postos fluviométricos instalados na porção capixaba da bacia hidrográfica do Rio Itabapoana.

Postos Fluviométricos	Área de Drenagem (km ²)	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Extensão da série histórica (anos)
Ponte do Itabapoana	2.854	-21° 12' 22"	-41° 27' 46"	40	72
Santa Cruz	3.781	-21° 13' 21"	-41° 18' 31"	15	31
Mimoso do Sul	369	-21° 03' 53"	-41° 21' 45"	41	34
Guaçu	413	-20° 46' 25"	-41° 40' 54"	576	65
São José dos Calçados	146	-21° 02' 12"	-41° 39' 08"	150	51
Dores do Rio Preto	234	-20° 41' 09"	-41° 50' 46"	766	57

Indicador de Vazão Média – a Vazão Específica

Segundo Tucci (2002), a vazão específica – relação entre a vazão média de longo período e área de drenagem da bacia hidrográfica –, usualmente se expressa como um indicador estável, sendo aproximadamente constante para grupos de estações fluviométricas que não apresentem grande variação de área. Para grupos de bacias que apresentam áreas de drenagem muito diferentes, a relação entre vazão média e área pode deixar de ser linear, função dos diferentes fatores que podem influenciar no balanço hídricos de uma bacia.

$$q = \frac{Q_m}{A} \quad (01)$$

Na expressão anterior, a vazão média de longo período (Q_m) é expressa em L/s e a área de drenagem (A) em km².

Indicadores Obtidos a Partir da Curva de Permanência (Rcp₉₅ E Rcp₅₀)

Dois diferentes indicadores regionais foram apropriados a partir da curva de permanência: o rcp₉₅ e o rcp₅₀. Estes indicadores foram estimados a partir das seguintes expressões:

$$rcp_{95} = \frac{Q_{95}}{Q_m} \quad (02)$$

$$rcp_{50} = \frac{Q_{50}}{Q_m} \quad (03)$$

Nas duas últimas expressões Q_{95} e Q_{50} representam, respectivamente, as vazões com 95% e 50% de permanência na seção fluviométrica estudada. A vazão Q_{95} é um valor característico do comportamento de uma bacia hidrográfica em períodos de estiagem. A vazão de 50% da curva de permanência, por sua vez, é um valor característico associado com as condições médias de escoamento do curso d'água.

Indicadores De Vazões Mínimas

Dois indicadores foram utilizados para a avaliação das vazões mínimas em cursos d'água: o $r_{7,10}$ e o r_m . A apropriação desses indicadores envolveu as seguintes expressões:

$$r_{7,10} = \frac{Q_{7,10}}{Q_m} \quad (04)$$

$$r_m = \frac{Q_{95}}{Q_{7,10}} \quad (05)$$

sendo $Q_{7,10}$ vazão mínima média com 7 dias de duração e período de retorno de 10 anos.

O indicador $r_{7,10}$ estabelece uma proporção entre a vazão média e uma vazão mínima característica, permitindo avaliar a vazão mínima a partir da média histórica de vazões na seção fluviométrica considerada. O indicador r_m , por sua vez, permite identificar a relação entre as duas vazões usualmente empregadas para caracterizar o regime de recessão de um curso d'água ($Q_{7,10}$ e Q_{95}). A vazão Q_{95} caracteriza uma situação de permanência de um estado recessivo de vazões; a vazão $Q_{7,10}$, por sua vez, indica uma situação de estado mínimo. Adicionalmente, é relevante registrar que a vazão $Q_{7,10}$ é assumida como vazão de referência para a outorga do uso da água em cursos d'água perenes do estado do Espírito Santo.

Para a apropriação das vazões $Q_{7,10}$ foram empregadas as distribuições de probabilidade Lognormal tipo II, Lognormal tipo III, Pearson tipo III, Logpearson tipo III e Weibull. Para avaliação do ajuste das diferentes de distribuições testadas foram utilizados o teste de Kolmogorov-Smirnov (teste K-S) e o teste do Qui-quadrado. Uma detalhada apresentação das diferentes distribuições de probabilidade utilizadas neste estudo, bem como dos testes de Kolmogorov-Smirnov do Qui-quadrado, é apresentada por Abramowitz & Stegun (1974), Assis et al. (1996) e Naghettini & Pinto (2007).

Indicadores de Vazões Máximas (R_{mc} e R_{100})

A vazão associada a um período de retorno da ordem de dois anos indica a vazão média de enchente Q_{mc} , cujo valor corresponde aproximadamente à cota limite do leito menor de rios aluvionares. O indicador r_{mc} , que relaciona a referida vazão média de enchente e a vazão média de longo período, foi apropriado a partir da seguinte relação:

$$r_{mc} = \frac{Q_{mc}}{Q_m} \quad (06)$$

Esse indicador permite estimar a amplitude das enchentes com relação às condições médias de um rio.

A vazão Q_{100} , que corresponde ao valor de vazão associado ao período de retorno de 100 anos, geralmente representa o limite superior da faixa de inundação ribeirinha. Relacionando-se essa vazão com a vazão média de longo período através de um indicador, relaciona-se a capacidade de escoamento do leito menor do rio e a capacidade do leito limite de inundação do vale. Desta forma, o indicador aplicável a esta situação foi estimado a partir da seguinte expressão:

$$r_{100} = \frac{Q_{100}}{Q_{mc}} \quad (07)$$

As vazões máximas associadas aos períodos de retorno de 2 e 100 anos foram avaliadas com auxílio das distribuições probabilísticas de Gumbel, Lognormal tipo II, Lognormal tipo III, Pearson tipo III e Logpearson tipo III. Assim como estabelecido quando da estimativa da vazão $Q_{7,10}$, a avaliação do ajuste das diferentes distribuições testadas envolveu o teste de Kolmogorov-

Smirnov (teste K-S) e o teste do Qui-quadrado.

Para a avaliação das vazões máximas e mínimas a partir do ajuste de distribuições de probabilidade, bem como para a realização dos testes de aderência, foi utilizado o programa computacional SISCAH (GPRH, 2008), programa de domínio público produzido e disponibilizado pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos, grupo vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Uma medida de dispersão relativa – o coeficiente de variação – foi empregada para avaliar a representatividade dos diferentes indicadores de vazão apropriados para a bacia do Rio Itabapoana. O coeficiente de Variação (CV), usualmente expresso em porcentagem, foi avaliado pela seguinte expressão:

$$CV = \frac{S}{r_i} \quad (08)$$

sendo r_i o valor médio de cada indicador para a bacia do Rio Itabapoana e S o desvio padrão associado a cada indicador.

Os valores reais das diferentes vazões de referência foram confrontados com os valores de vazão estimados a partir dos indicadores regionais estabelecidos. Para cada vazão de referência estudada foi avaliado o erro médio a partir da seguinte expressão:

$$\text{erro}(\%) = \frac{(Q_{\text{estimada}} - Q_{\text{real}})}{Q_{\text{real}}} \cdot 100 \quad (09)$$

sendo Q_{estimada} a vazão de referência (mínima, média ou máxima) estimada com a aplicação do indicador regional de vazão e Q_{real} a vazão de referência estimada a partir dos registros fluviométricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores regionais de vazão estabelecidos para a bacia do Rio Itabapoana estão reunidos na Tabela 2. Os valores de vazões reais e estimadas a partir da aplicação dos indicadores regionais encontram-se apresentados na Tabela 3. A Tabela 4 reúne, para cada estação fluviométrica, os erros percentuais entre os valores de vazões reais e estimadas para cada uma das vazões de referência estudadas.

As Figuras 1 a 3 ilustram graficamente as respostas produzidas a partir da aplicação de diferentes indicadores apropriados para a bacia do Rio Itabapoana. A Figura 1 permite a confrontação entre os valores reais e estimados de vazões médias de longo período para cada uma das estações fluviométricas estudadas. A Figura 2 reúne os valores reais e estimados de vazões máximas associadas ao período de retorno de 100 anos. A Figura 3 apresenta a confrontação entre os valores

reais e estimados das vazões $Q_{7,10}$. Gráficos semelhantes foram produzidos para todas as demais vazões de referência estudadas.

Da avaliação das respostas produzidas com a aplicação dos diferentes indicadores regionais de vazão estabelecidos, apresentaram-se como relevantes as seguintes considerações:

- A aplicação do indicador vazão específica produziu, para os postos fluviométricos estudados, considerável aproximação entre os valores de vazões reais e estimadas. Os desvios produzidos com a aplicação dos valores de vazão média não ultrapassaram 34%, resultado considerado satisfatório segundo a literatura técnica corrente;
- Indicador rcp_{50} apresentou valores consistentes para os postos fluviométricos da bacia hidrográfica do Rio Itabapoana, com pequena flutuação dos

TABELA 2. Indicadores regionais apropriados para a bacia hidrográfica do Rio Itabapoana.

Postos Fluviométricos	Área de Drenagem (km ²)	Indicadores regionais de vazão						
		q (L/s.km ²)	r _{cp50}	r _{cp95}	r _{7,10}	r _m	r _{mc}	r ₁₀₀
Ponte do Itabapoana	2.854	15,83	0,70	0,16	0,15	1,07	5,64	2,57
Santa Cruz	3.781	14,84	0,71	0,30	0,22	1,36	4,35	2,08
Mimoso do Sul	369	19,14	0,75	0,39	0,30	1,30	6,93	2,62
Guaçu	413	23,88	0,73	0,33	0,24	1,38	5,27	2,31
São José dos Calçados	146	13,41	0,70	0,11	0,13	0,89	8,20	2,61
Dores do Rio Preto	234	20,69	0,63	0,11	0,12	0,96	5,39	2,59
	Média	17,97	0,70	0,23	0,19	1,16	5,96	2,46
	Coefficiente de variação (%)	22	6	52	38	18	23	9

TABELA 3. Valores reais e valores estimados a partir dos indicadores regionais das vazões mínimas, médias e máximas.

Vazões		Postos Fluviométricos					
		Ponte do Itabapoana	Santa Cruz	Mimoso do Sul	Guaçu	São José dos Calçados	Dores do Rio Preto
Médias (m ³ /s)	Q _{m,Real}	45,18	56,09	7,06	9,86	1,96	4,84
	Q _{m,Estimada}	51,27	67,93	6,63	7,42	2,62	4,20
Curva de Permanência (m ³ /s)	Q _{50,Real}	31,40	40,00	5,31	7,24	1,37	3,03
	Q _{50,Estimada}	31,78	39,45	4,97	6,93	1,38	3,40
	Q _{95,Real}	7,32	16,70	2,73	3,22	0,22	0,54
	Q _{95,Estimada}	10,54	13,09	1,65	2,30	0,46	1,13
Mínimas (m ³ /s)	Q _{7,10,Real}	6,84	12,26	2,10	2,34	0,25	0,56
	Q _{7,10,Estimada}	8,73	10,84	1,36	1,91	0,38	0,94
	Q _{95,Real}	7,32	16,70	2,73	3,22	0,22	0,54
	Q _{95,Estimada}	7,93	14,22	2,44	2,71	0,29	0,65
Máximas (m ³ /s)	Q _{mc,Real}	254,57	244,06	48,97	52,01	16,04	26,11
	Q _{mc,Estimada}	269,42	334,48	42,10	58,80	11,69	28,86
	Q _{100,Real}	683,42	508,48	128,15	120,10	41,90	67,71
	Q _{100,Estimada}	627,09	601,20	120,63	128,12	39,51	64,32

*Nota: Valores de Q₉₅ obtidos a partir dos indicadores de vazões mínimas

TABELA 4. Erros percentuais entre valores de vazões reais e estimadas a partir da aplicação dos indicadores regionais.

Postos Fluviométricos	Erros (%)						
	Vazão média	Curva de Permanência		Vazões Mínimas		Vazões Máximas	
	Q _m	Q ₅₀	Q ₉₅	Q _{7,10}	Q ₉₅	Q _{mc}	Q ₁₀₀
Ponte do Itabapoana	14	1	44	28	8	6	-8
Santa Cruz	21	- 1	- 22	- 12	-15	37	18
Mimoso do Sul	-6	- 7	- 40	- 35	-11	- 14	- 6
Guaçu	-25	- 4	- 29	- 19	-16	13	7
São José dos Calçados	34	1	108	52	32	- 27	- 6
Dores do Rio Preto	-13	12	109	67	20	11	- 5

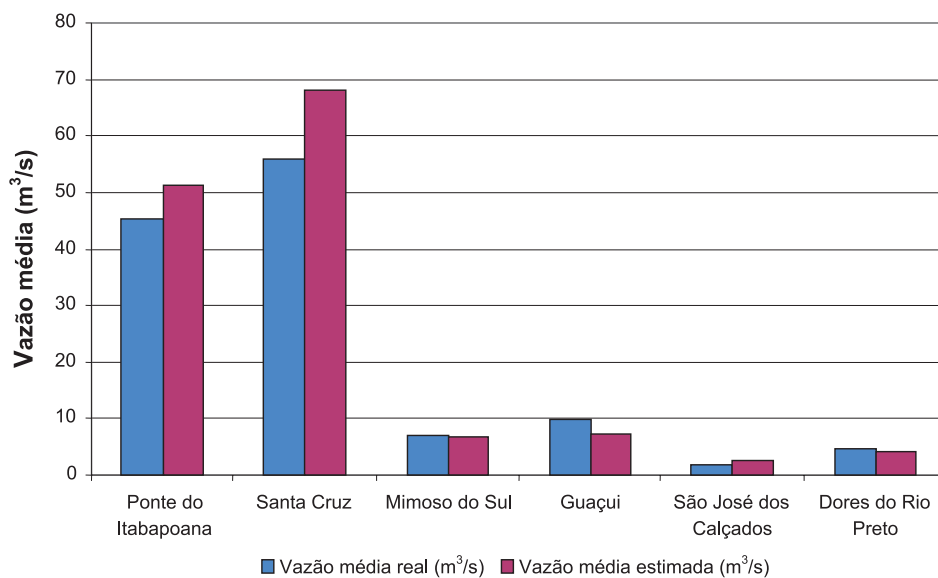


FIGURA 1. Valores reais e valores estimados de vazão média de longo período.

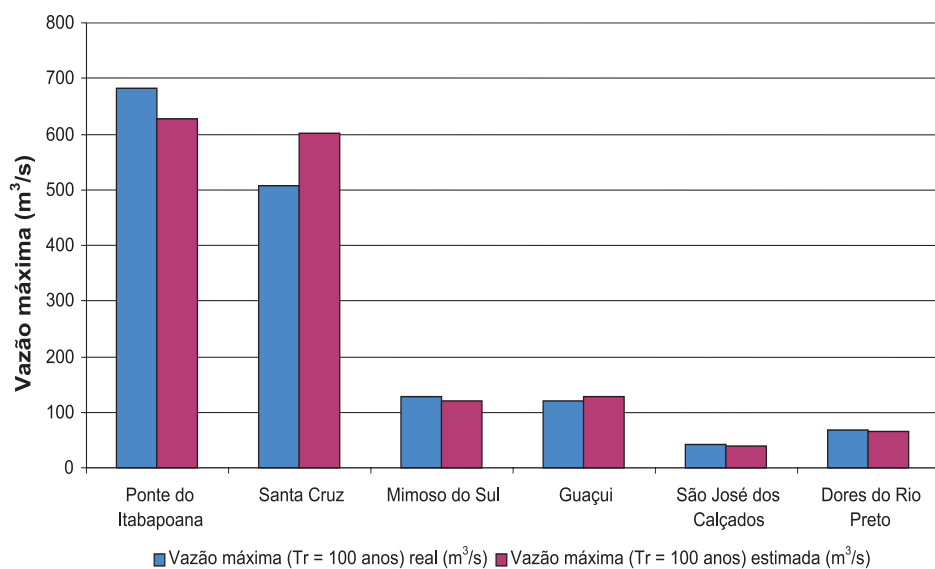


FIGURA 2. Valores reais e valores estimados de vazão máxima associada ao período de retorno de 100 anos.

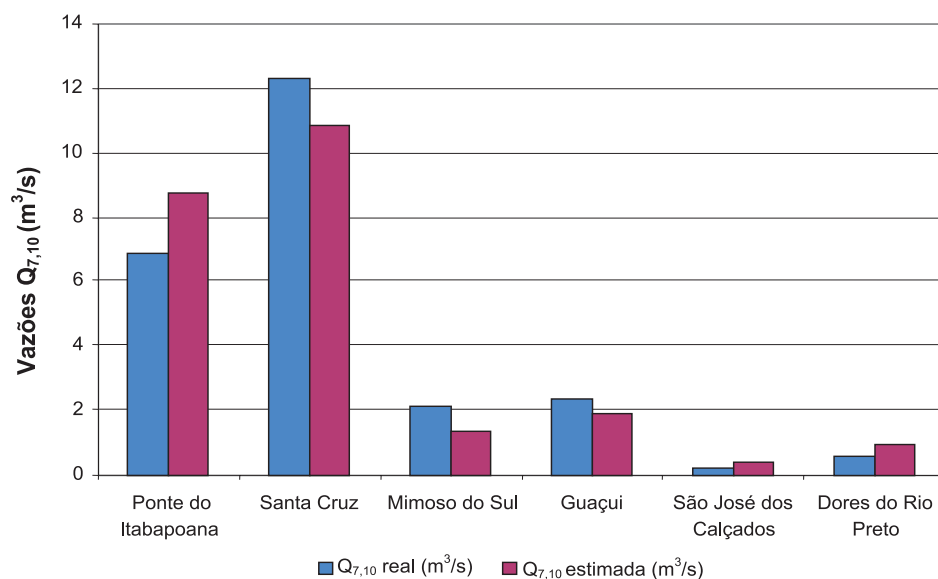


FIGURA 3. Valores reais e valores estimados de vazão $Q_{7,10}$.

valores individuais em relação à média da bacia (coeficiente de variação de apenas 6%). O rcp_{95} apresentou comportamento apostado, com considerável flutuação dos valores individuais em relação à média apropriada para a bacia (para um rcp_{95} médio de 0,23 apropriou-se um coeficiente de variação superior a 50%). Este padrão de comportamento reproduz aquele observado em outros trabalhos técnicos (Tucci, 2002; Clarke & Tucci, 2003) que apontam os indicadores associados às vazões médias como sendo os indicadores que apresentam as menores variações dentro de uma região hidrologicamente homogênea. Desta forma, as diferenças percentuais entre os valores reais e estimados da vazão Q_{50} foram pouco significativas, com valores variando entre 1% (posto fluviométrico de São José dos Calçados) e 13% (posto fluviométrico de Dores do Rio Preto). No entanto, os erros percentuais apropriados para vazão com 95% de permanência foram consideravelmente maiores, variando de -22% (posto fluviométrico de Santa Cruz) a 110% (posto fluviométrico de Dores do Rio Preto);

- Indicador $r_{7,10}$ apresentou flutuação significativa na bacia hidrográfica do Rio Itabapoana; para um valor médio de 0,19, o coeficiente de variação

associado ao $r_{7,10}$ foi de aproximadamente 40%. Por sua vez, o indicador r_m apresentou menor flutuação, com coeficiente de variação inferior a 20%. Desta forma, o erro percentual entre os valores reais e estimados da vazão $Q_{7,10}$ foi também elevado, alcançando 67% na estação de Dores do Rio Preto). É importante registrar que a aplicação dos indicadores de vazão mínima produziu os maiores erros nas bacias com menores áreas de drenagem (São José do Calçado e Dores do Rio Preto);

- A flutuação dos valores individuais do indicador r_{mc} em relação ao valor médio apropriado para a bacia foi substancialmente maior que a flutuação observada para os valores individuais do indicador r_{100} . Para um r_{mc} médio de 5,96 avaliou-se um coeficiente de variação de 23%. Já para o indicador r_{100} , que apresentou valor médio de 2,46, estimou-se um coeficiente de variação de aproximadamente 9%. Na estimativa da vazão máxima associada ao período de 2 anos, o erro percentual oscilou entre -27% (estação de São José dos Calçados) e 37% (estação de Santa Cruz). Erros substancialmente menores foram registrados quando da apropriação de vazão máxima associada ao período de retorno de 100 anos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da definição de indicadores de vazão que apresentem respostas consistentes para uma determinada região hidrologicamente homogênea, as limitações relacionadas com as curtas extensões das séries históricas ou com a baixa densidade de postos fluviométricos são atenuadas. Este estudo buscou estabelecer indicadores regionais que permitissem a descrição do regime de vazões da bacia hidrográfica do Rio Itabapoana, sistema hídrico do sul do estado do Espírito Santo que apresenta características comuns a maior parte das bacias hidrográficas brasileiras (monitoramento hidrológico deficiente, aumento da pressão sobre os recursos hídricos superficiais e prejuízos recorrentes com eventos hidrológicos extremos).

Os resultados obtidos a partir da quantificação e aplicação de indicadores regionais de vazão estabelecidos conduziram as seguintes conclusões:

- Os indicadores associados à apropriação das vazões médias (vazão específica e rcp_{50}) apresentaram-se consistentes, produzindo pequenos desvios entre os valores reais das vazões de referência (vazão média e vazão com permanência de 50%) e os valores estimados a partir da aplicação dos indicadores;

- Os indicadores de vazões máximas (r_{mc} e r_{100}) apresentaram-se eficientes para avaliação preliminar das vazões associadas aos períodos de retorno de 2 e 100 anos, produzindo erros percentuais entre valores reais e estimados de vazão similares àqueles habitualmente encontrada na literatura técnica associada aos estudos de regionalização hidrológica de vazões;
- Os indicadores de vazões mínimas (rcp_{95} , r_m e $r_{7,10}$) apresentaram erros percentuais significativos quando da confrontação dos valores reais e dos valores estimados de vazão, em muitas situações superando o valor de 40%. Adicionalmente, observou-se que os maiores erros percentuais foram registrados nas bacias com menores áreas de drenagem. Desta forma, não se recomenda a avaliação de vazões de estiagem a partir da aplicação dos indicadores de vazão aqui estabelecidos em pequenas bacias hidrográficas e nas proximidades daquelas estações fluviométricas nas quais os erros percentuais produzidos com a aplicação dos indicadores regionais foram mais expressivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAMOWITZ, M. & STEGUN, I.A. **Handbook of mathematical functions with formulas, graphs, and mathematical tables**. New York: Dover Science Publications, 1046 p., 1974.
2. AGRA, S.G.; SOUZA, V.C.B.; NEVES, M.G.F.P.; CRUZ, M.A.S. Metodologias de regionalização de vazões: Estudo comparativo na bacia do Rio Carreiro – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15, 2005, João Pessoa. **Resumos Expandidos...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005, p. 1-20.
3. ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HIDRO Sistema de Informações Hidrológicas – Versão 1.0.9**. Brasília, ANA/SIH, 2002.
4. ASSIS, F.N. DE; ARRUDA, H.V. DE; PEREIRA, R.P. Aplicações de estatística à climatologia – teoria e prática. Pelotas: Editora Universitária, 161 p., 1996.
5. BAENA, L.G.N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. Viçosa, 2002. 136 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
6. CLARKE, R.T. & TUCCI, C.E.M. Regionalização Hidrológica. In: PAIVA, J.B.D. de & PAIVA, E.M.C.D. DE (Orgs.), **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 169-222, 2003.
7. COSER, M.C. **Regionalização de vazões $Q_{7,10}$ no estado do Espírito Santo**. Vitória, 2003. 160 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo.
8. DINPASHOHA, Y.; FAKHERI-FARDA, A.; MOGHADDAMB, M.; JAHANBAKHSHC, S.; MIRNIA, M. Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods. **Journal of Hydrology**, n. 297, p. 109-123, 2004.
9. DURRANS, S.R. & KIRBY, J.T. Regionalization of extreme precipitation for the Alabama rainfall atlas. **Journal of Hydrology**, n. 295, p. 101-107, 2004.
10. EUCLYDES, H.P.; FERREIRA, P.A.; HUBERT, O.A.V.; SANTOS, R.M. Regionalização hidrológica na bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 2, p. 85-105, 2001.
11. GONZÁLEZ, J. & VALDÉS, J.B. A regional monthly precipitation simulation model based on an L-moment smoothed statistical regionalization approach. **Journal of Hydrology**, n. 348, p. 27-39, 2008.
12. GPRH – GRUPO DE PESQUISAS EM RECURSOS HÍDRICOS. **SISCAH Sistema Computacional para Análises Hidrológicas – Versão 1.0**. Viçosa, GPRH, 2008.
13. NAGHETTINI, M. & PINTO, E.J.A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 561 p., 2007.
14. PRUSKI, F.F.; PEREIRA, S.B.; NOVAES, L.F.; SILVA, D.D.; RAMOS, M.M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 2/3, p. 247-253, 2004.
15. PEARSON, C.P. Regional Flood frequency for small New Zealand basins 2: flood frequency groups. New Zealand: **Journal of Hydrology**, n. 30, p. 53-64, 1991.
16. SANTHI, C.; ALLEN, P.M.; MUTTIAH, R.S.; ARNOLD, J.G.; TUPPAD, P. Regional estimation of base flow for the conterminous United States by hydrologic landscape regions. **Journal of Hydrology**, n. 351, p. 139-153, 2008.
17. TIMILSENA, J. & PIECHOTA, T. Regionalization and reconstruction of snow water equivalent in the upper Colorado River basin. **Journal of Hydrology**, n. 352, p. 94-106, 2008.
18. TUCCI, C.E.M. **Regionalização de Vazões**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 256 p., 2002.

*Manuscrito Recebido em: 1 de junho de 2008
Revisado e Aceito em: 2 de fevereiro de 2009*