

MODELO PARA A QUANTIFICAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA: PARTE 2 – análise do comportamento do modelo para a estimativa da $Q_{7,10}$ na bacia do Paracatu¹

Luciano F. Novaes²; Fernando F. Pruski³; Douglas O. Queiroz⁴; Renata G. Rodriguez⁵; Demetrius D. Silva⁶ & Márcio M. Ramos⁷

RESUMO: Em vários locais da bacia do Paracatu, nos meses de maior demanda, as vazões de retirada tem sido superiores às máximas permissíveis para outorga, o que indica a necessidade de uma adequada quantificação da disponibilidade dos recursos hídricos na bacia. Assim, desenvolveu-se o presente trabalho que teve como objetivo analisar o comportamento de um modelo (descrito na parte 1) para a estimativa da vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) em 21 seções fluviométricas situadas na bacia do Paracatu. De posse das vazões correspondente ao início do período de recessão (Q_0) e dos coeficientes de recessão (α) foram obtidas diversas combinações entre estes para verificar qual combinação gerou a curva de recessão mais representativa dos dados observados. Os melhores resultados obtidos pelo modelo para estimativa da $Q_{7,10}$ foram obtidos quando da consideração do valor de α médio da estação fluviométrica em análise e da Q_0 estimada pela equação ajustada aos dados de precipitação média na área de drenagem da estação fluviométrica considerada.

ABSTRACT: In various places of the Paracatu river basin, in the months of most demand, the water withdrawals have been higher than the maximum allowed by concession of grants, which indicates the need of a suitable quantification of the availability of the water resources of the basin. Hence, the present work was developed and its objective was to analyze the behavior of a model (described in Part 1) for the estimation of the minimum streamflow in a seven days period and a return period of 10 years ($Q_{7,10}$) in 21 stream gages located in the Paracatu basin. With the groundwater flow into the main channel at the beginning of the recession period (Q_0), and with the recession coefficients (α), various combinations among these were obtained to verify which combination generated the most representative curve of the data observed. The best results obtained by the model for the estimation of $Q_{7,10}$ were obtained when the mean α value of the analyzed stream gage was used and the $Q_{7,10}$ was estimated by the equation adjusted to data from average precipitation on the drainage area of the given stream gage.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, comitês de bacias hidrográficas, outorga.

1. Parte do Projeto: Modelo Computacional para a Gestão de Recursos Hídricos: Desenvolvimento e Aplicação para a Bacia do Paracatu, financiado pela FAPEMIG com parceria da UFV/IGAM.

2. Doutorando na USP, SHS, EESC, São Carlos, SP, fone: (16)33729886, e-mail: novaes@sc.usp.br.

3 Professor titular da UFV, DEA, Viçosa, MG, fone (31)38991912, fax: (31)38992735, e-mail: ffruski@ufv.br.

4 Graduação na UFV, DEA, Viçosa, MG, fone: (31)38991925, fax: (31)38992735, e-mail: eg42678@yahoo.com.br .

5 Doutoranda na UFV, DEA, Viçosa, MG, fone: (31)38991925, fax: (31)38992735, e-mail: ms45944@vicosa.ufv.br.

6 Professor adjunto da UFV, DEA, Viçosa, MG, fone: (31)38991904, fax: (31)38992735, e-mail: david@ufv.br.

7 Professor titular da UFV, DEA, Viçosa, MG, fone: (31)38991914, fax: (31)38992735, e-mail: mmramos@ufv.br.

INTRODUÇÃO

A humanidade passou por diversas crises e provavelmente uma das próximas decorrerá da escassez de água de qualidade. No Brasil, apesar da abundância relativa de água, sua distribuição geográfica e temporal acarreta conflitos entre os usuários em muitas regiões.

O aumento da demanda pelo uso da água ocasionou o aparecimento de demandas conflitantes, tornando, conseqüentemente, a gestão compartilhada e participativa essencial para o desenvolvimento sustentável. Em algumas sub-bacias, como a do Paracatu, situada na bacia do São Francisco, a implementação de vários projetos de irrigação sem a prévia quantificação do volume de água possível de ser usado está causando sérios impactos ambientais e conflitos entre os usuários (Ramos & Pruski, 2003).

O consumo de água na sub-bacia do Paracatu aumentou cerca de 11 vezes no período de 1970 a 1996, com uma taxa de crescimento do consumo de água de $0,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo $0,19 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ correspondente ao aumento do consumo pela irrigação. Em vários locais da bacia, nos meses de maior demanda, as vazões de retirada tem sido superiores a 30% da $Q_{7,10}$, que é o critério adotado para concessão de outorga em Minas Gerais (onde se situa 92% da bacia), refletindo em uma utilização da água superior àquela permissível para outorga. Este fato indica a necessidade de adoção de uma gestão adequada dos recursos hídricos que considere a alta taxa de crescimento da demanda em virtude do intenso desenvolvimento econômico existente na bacia (Rodriguez, 2004).

A modelagem hidrológica é uma ferramenta utilizada para melhor entender e representar o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, sendo que a utilização dos modelos hidrológicos apresenta grande potencial para caracterizar a disponibilidade hídrica em condições de mudanças no clima ou no uso do solo (Tucci et al., 2002). Com o aumento da disponibilidade de computadores a partir do final da década de 1950, criaram-se condições que propiciaram um acelerado processo de desenvolvimento de modelos hidrológicos, reduzindo o tempo de processamento e facilitando a interface com o usuário (Tucci, 1998).

Tendo em vista o complexo quadro de conflitos pelo uso da água evidenciado na bacia do Paracatu, o qual indica a necessidade de elaborar procedimentos confiáveis para a estimativa das disponibilidades hídricas, desenvolveu-se o presente trabalho, que teve como objetivo analisar o comportamento de um modelo (descrito na parte 1) para a estimativa da vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) em 21 seções fluviométricas situadas na bacia do Paracatu.

METODOLOGIA

Base de dados

O estudo foi realizado considerando as condições de 21 estações fluviométricas (descrita na parte 1), situadas na sub-bacia do Paracatu, no período de 1970 a 2000. Pela análise dos dados das 21 estações fluviométricas estudadas, obteve-se a vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$).

Para a determinação da $Q_{7,10}$ foi identificado, para cada ano considerado no estudo e para cada estação fluviométrica, o valor da vazão mínima pertinente à duração de sete dias (Q_7) para então estabelecer o modelo probabilístico com melhor ajuste às séries da Q_7 . Os modelos probabilísticos que foram analisados para representar a vazão mínima foram: Log-Normal a dois parâmetros, Log-Normal a três parâmetros, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III e Weibull.

A seleção da distribuição de probabilidade que melhor se ajustou aos dados da série histórica da Q_7 foi com base no teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, a diferentes níveis de probabilidade, e no coeficiente de variação. Foi escolhida a distribuição de probabilidade que apresentou significância a nível de 20% de probabilidade no teste de Kolmogorov-Smirnov, associada ao menor coeficiente de variação. Para obtenção da $Q_{7,10}$ foi utilizado o programa RH 4.0 (Euclides et al., 2005).

Estimativa da $Q_{7,10}$ pelo modelo

Uma vez obtida a curva de recessão do escoamento subterrâneo (parte 1) foi possível estimar as vazões diárias no período de recessão. Para a estimativa da $Q_{7,10}$ foi necessário primeiro a estimativa da Q_7 , sendo esta obtida pela média dos últimos sete dias da curva de recessão ajustada. De posse das Q_7 aplicou-se os modelos probabilísticos a esta série de dados, obtendo assim a $Q_{7,10}$.

Análise do comportamento dos modelos

Com os resultados das $Q_{7,10}$ pelo modelo proposto para as 21 estações fluviométricas e os valores das vazões calculadas pela análise estatística dos dados observados para as mesmas seções analisadas foi avaliada a precisão das vazões estimadas pela análise do índice erro relativo percentual. O erro relativo entre o valor observado e o estimado foi calculado com o uso da seguinte equação:

$$ER = 100 \left(\frac{Q_{\text{calc}} - Q_{\text{est}}}{Q_{\text{calc}}} \right) \quad (1)$$

em que:

ER = erro relativo, %;

Q_{calc} = vazão calculada pela análise estatística dos dados observados na seção fluviométrica; e

Q_{est} = vazão estimada pelo modelo na seção fluviométrica.

De posse dos parâmetros Q_0 e α (obtidos na parte 1) foram obtidas diversas combinações entre estes parâmetros para verificar qual combinação gerou uma curva de recessão que fosse mais representativa aos dados observados. Na Tabela 1 são apresentados as diversas formas de estimativas dos parâmetros Q_0 e α utilizados para determinação da curva de recessão.

Conforme evidenciado na Tabela 1, o parâmetro Q_0 foi obtido para duas datas, primeiro dia de maio e primeiro dia de junho, sendo utilizado para obtenção destas vazões os modelos de regressão ajustados individualmente para cada estação fluviométrica e o modelo de regressão generalizado para toda bacia como uma função dos totais precipitados. Ainda foram utilizadas as Q_0 obtidas da série histórica para avaliar a sensibilidade do modelo às mudanças da estimativa do parâmetro α . Este foi ajustado para dois períodos, primeiro de maio a 30 de setembro e primeiro de junho a 30 de setembro, sendo utilizado um α correspondente a cada estação fluviométrica e um α correspondente a média dos valores de α das 21 estações fluviométricas.

Uma das dificuldades evidenciadas para a estimativa das vazões mínimas pelo modelo proposto é a constatação em vários hidrogramas de que após a data de 30 de setembro ocorrem eventos de vazões mínimas, mesmo apresentando picos de escoamento superficial decorrente de precipitações neste período. Tendo em vista que a curva de recessão estimada pelo modelo proposto vai até 30 de setembro e que pela análise dos hidrogramas constatou-se que após esta data ocorrem eventos de vazões mínimas, procedeu-se análises de frequências de ocorrência ao longo do ano das Q_7 para verificar em qual período do ano ocorriam com maior frequência estas vazões. De acordo com estas análises foram feitas várias simulações, prolongando-se a curva de recessão ajustada pelo modelo proposto até as datas que apresentaram maiores ocorrências das vazões mínimas, para verificar qual a data final do período de recessão é mais representativa aos dados observados de vazões mínimas.

Tabela 1. Formas de estimativas dos parâmetros Q_0 e α utilizados para determinação da curva de recessão

Parâmetro	Forma de estimativa
Q_0	Estimado individualmente para cada estação fluviométrica e para o dia primeiro de maio
	Estimado individualmente para cada estação fluviométrica e para o dia primeiro de junho
	Estimado utilizando os dados de todas as estações fluviométrica e para o dia primeiro de maio
	Estimado utilizando os dados de todas as estações fluviométrica e para o dia primeiro de junho
	Obtido da série histórica para o dia primeiro de maio
	Obtido da série histórica para o dia primeiro de junho
α	Médio de cada estação fluviométrica e ajustado para o período de recessão de maio a setembro
	Médio de cada estação fluviométrica e ajustado para o período de recessão de junho a setembro
	Médio das 21 estações fluviométricas e ajustado para o período de recessão de maio a setembro
	Médio das 21 estações fluviométricas e ajustado para o período de recessão de junho a setembro

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do comportamento dos modelos

Na Figura 1 são apresentadas, considerando as 21 estações fluviométricas, as freqüências de ocorrência das vazões mínimas de sete dias de duração (Q_7) e das precipitações médias mensais ao longo do ano. O mês mais chuvoso é dezembro (20,2% da precipitação anual), o trimestre mais chuvoso vai de novembro a janeiro (50,6% da precipitação anual) e o semestre mais chuvoso vai de outubro a março (87,2% da precipitação anual). Quanto à freqüência de ocorrência dos valores de Q_7 evidenciou-se incidências desde maio até dezembro, sendo que o período que apresentou a maior ocorrência da Q_7 foi a segunda quinzena de setembro (28,2 %), seguido da segunda e da primeira quinzenas de outubro, com 22,8 e 19,5 %, respectivamente, sendo estas três quinzenas responsáveis por 70,5% das ocorrências da Q_7 . Considerando os meses de setembro, outubro e novembro

verifica-se que estes são responsáveis por 91,6 % das ocorrências das Q_7 , sendo o mês de outubro responsável por 42,2 % das ocorrências.

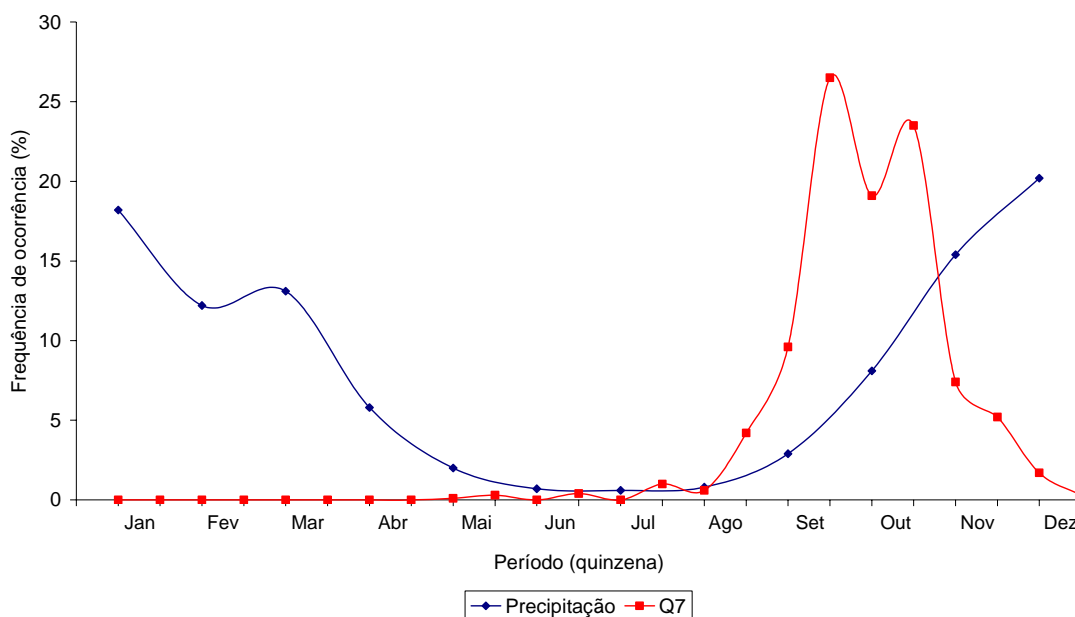


Figura 1. Frequências de ocorrência das vazões mínimas de sete dias de duração (Q_7) e das precipitações médias mensais ao longo do ano.

Desta forma, evidencia-se uma grande porcentagem de ocorrência das Q_7 nos meses de outubro e novembro, mesmo com o início da estação chuvosa em outubro, o que pode ser justificado pelo fato do solo encontrar-se muito seco no final do período de estiagem, com o que quando iniciam as precipitações uma expressiva parte da precipitação infiltra e é retida na zona aerada do solo, não colaborando, portanto, para a recarga do lençol freático. Pela análise de vários hidrogramas, como o apresentado na Figura 2, constata-se com frequência que mesmo quando no início do mês de outubro ocorrem picos no hidrograma decorrentes do escoamento superficial, quando este cessa a vazão atinge valores inferiores aos evidenciados antes da ocorrência da precipitação, caracterizando a inexistência de contribuição para o lençol freático.

Tendo em vista a ocorrência de valores de Q_7 em diversos períodos do ano considerou-se neste estudo os períodos que apresentaram as maiores ocorrências da Q_7 para caracterizar o final do período de recessão a ser utilizado no modelo para a estimativa da $Q_{7,10}$, sendo estes 30 de setembro, 15 de outubro, 31 de outubro, 15 de novembro e 30 de novembro.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de $Q_{7,10}$ calculados com base nos dados históricos e estimados pelo modelo utilizando o α de cada estação, a Q_0 obtida da série histórica, o início do período de recessão em primeiro de maio e primeiro de junho e o final do período de recessão na data especificada, bem como os erros relativos (ER) entre as $Q_{7,10}$ calculadas e estimadas. Os

valores negativos do ER representam que as $Q_{7,10}$ estimadas foram de maior magnitude que as $Q_{7,10}$ calculadas com base na série histórica, sendo que o ER médio foi obtido pela média dos módulos do ER de cada estação fluviométrica.

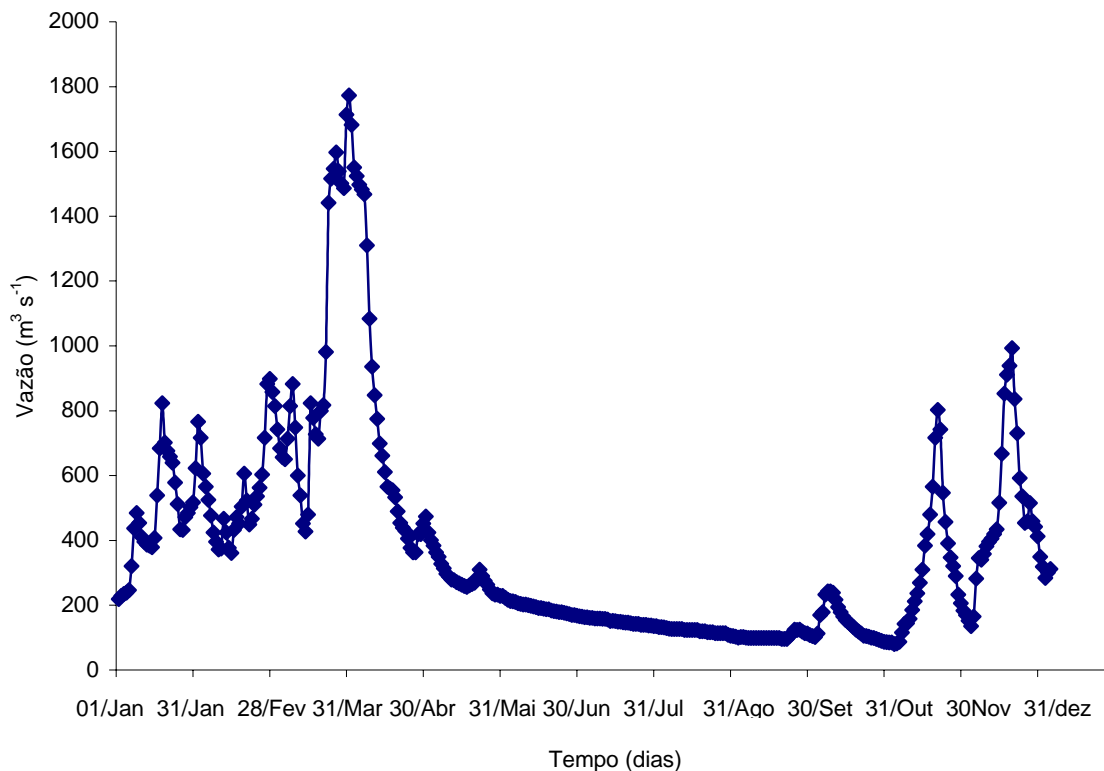


Figura 2. Hidrograma da estação fluviométrica Caatinga no ano de 1991.

Observa-se na Tabela 2 que as $Q_{7,10}$ estimadas considerando o final do período de recessão em 30 de setembro e 15 de outubro tiveram uma tendência, para as duas datas de início do período de recessão consideradas, de apresentar valores superiores aos calculados, enquanto as $Q_{7,10}$ estimadas para 15 e 30 de novembro foram, em geral, inferiores às calculadas. A data correspondente ao final do período de recessão que apresentou menor erro relativo médio foi 31 de outubro, sendo que este erro foi de 10% quando da consideração do início do período de recessão em maio e de 9,5% em junho.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de $Q_{7,10}$ calculados com base nos dados históricos e estimados pelo modelo utilizando o α de cada estação, a Q_0 estimada pelas equações ajustadas para cada estação, o início do período de recessão em primeiro de maio e primeiro de junho e o final do período de recessão na data especificada, bem como os erros relativos (ER) entre as $Q_{7,10}$ calculadas e estimadas. A data correspondente ao final do período de recessão que apresentou o menor erro relativo médio, quando da consideração do início do período de recessão em primeiro de maio, foi

Tabela 2. Valores de $Q_{7,10}$ calculados com base nos dados históricos e estimados pelo modelo utilizando o α de cada estação, a Q_0 obtida da série histórica, o início do período de recessão em primeiro de maio (a) e primeiro de junho (b) e o final do período de recessão na data especificada, bem como os erros relativos (ER) entre as $Q_{7,10}$ calculadas e estimadas

(a)

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)										
	Calculada	30/set	ER (%)	15/out	ER (%)	31/out	ER (%)	15/nov	ER (%)	30/nov	ER (%)
Fazenda Limoeiro	1,1	1,3	-14,9	1,2	-5,3	1,1	-0,0	1,0	9,1	1,0	16,7
Fazenda Córrego do Ouro	3,1	4,5	-44,5	4,0	-30,2	3,6	-17,2	3,2	-4,5	2,9	5,8
Fazenda Nolasco	0,4	0,5	-23,8	0,5	-11,9	0,4	-2,4	0,4	7,1	0,4	16,7
Barra do Escurinho	3,2	3,5	-9,7	3,1	2,2	2,8	12,5	2,5	22,1	2,2	30,5
Ponte da BR-040 (Paracatu)	9,6	11,7	-22,2	10,5	-10,3	9,5	0,6	8,5	11,0	7,7	19,7
Santa Rosa	21,6	21,9	-1,4	22,8	-5,7	17,3	19,6	17,2	20,2	15,7	27,3
Fazenda Barra da Égua	1,2	1,3	-1,6	1,1	8,9	1,0	19,4	0,9	28,2	0,8	36,3
Fazenda Poções	1,0	1,2	-26,8	1,1	-15,5	1,0	-5,2	0,9	4,1	0,8	13,4
Fazenda Limeira	12,2	14,2	-16,4	12,9	-5,7	11,7	3,8	10,6	13,1	9,7	20,8
Unai	10,6	13,8	-30,3	12,5	-18,2	11,3	-7,1	10,2	3,6	9,3	12,5
Santo Antônio do Boqueirão	12,7	14,7	-16,0	13,4	-5,8	12,2	3,6	11,1	12,7	10,1	20,3
Fazenda o Resfriado	1,2	1,2	3,4	1,1	10,1	1,0	16,8	0,9	22,7	0,9	28,6
Fazenda Santa Cruz	1,3	1,2	9,4	1,1	13,4	1,0	18,1	1,0	22,8	0,9	26,8
Porto dos Poções	17,0	18,4	-8,4	16,6	2,3	14,9	12,1	13,4	21,3	12,0	29,2
Porto da Extrema	40,0	47,0	-17,5	43,0	-7,5	39,0	2,5	35,0	12,5	28,0	30,0
Caatinga	41,8	48,4	-15,8	43,9	-5,1	39,9	4,6	36,0	13,8	32,7	21,7
Veredas	0,8	1,1	-31,3	1,0	-24,1	1,0	-18,1	0,9	-10,8	0,9	-6,0
Cachoeira das Almas	3,6	4,9	-35,5	4,4	-21,9	4,0	-9,4	3,5	2,5	3,2	12,2
Cachoeira do Paredão	5,0	5,2	-2,2	4,6	7,9	4,2	16,9	3,8	25,6	3,4	32,7
Porto do Cavalo	60,4	63,0	-4,2	57,2	5,2	52,1	13,8	47,0	22,1	42,8	29,2
Porto Alegre	61,8	69,1	-12,0	63,3	-2,5	57,9	6,2	52,7	14,6	48,3	21,8
Média			16,5		10,4		10,0		14,5		21,8

(b)

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)										
	Calculada	30/set	ER (%)	15/out	ER (%)	31/out	ER (%)	15/nov	ER (%)	30/nov	ER (%)
Fazenda Limoeiro	1,1	1,4	-22,8	1,3	-13,2	1,2	-3,5	1,1	6,1	1,0	14,0
Fazenda Córrego do Ouro	3,1	4,4	-43,5	4,0	-29,5	3,6	-17,2	3,2	-5,2	2,9	4,9
Fazenda Nolasco	0,4	0,6	-35,7	0,5	-11,9	0,5	-11,9	0,4	-2,4	0,4	7,1
Barra do Escurinho	3,2	3,7	-14,6	3,3	-2,8	3,1	2,5	2,6	17,8	2,5	21,8
Ponte da BR-040 (Paracatu)	9,6	12,5	-30,5	11,3	-18,5	10,3	-8,0	9,3	2,7	8,4	11,7
Santa Rosa	21,6	23,0	-6,5	21,1	2,2	19,4	10,2	17,7	18,1	16,2	24,7
Fazenda Barra da Égua	1,24	1,2	5,6	1,1	14,5	1,0	22,6	0,9	30,6	0,8	37,1
Fazenda Poções	0,97	1,3	-30,9	1,2	-19,6	1,1	-10,3	1,0	-1,0	0,9	7,2
Fazenda Limeira	12,2	14,6	-19,4	13,3	-8,7	12,1	1,1	10,9	10,4	9,9	18,5
Unai	10,6	13,6	-28,8	12,4	-16,8	11,2	-6,0	10,1	4,6	9,1	13,5
Santo Antônio do Boqueirão	12,7	14,8	-16,9	13,6	-6,9	12,4	2,4	11,3	11,3	10,3	19,1
Fazenda o Resfriado	1,2	1,2	-4,2	1,2	2,5	1,1	9,2	1,0	16,0	0,9	21,8
Fazenda Santa Cruz	1,3	1,2	5,5	1,1	11,8	1,1	13,4	1,1	17,3	1,0	21,3
Porto dos Poções	17,0	14,9	12,6	13,4	21,0	12,1	28,9	10,9	36,0	9,8	42,2
Porto da Extrema	40,0	52,0	-30,0	48,0	-20,0	44,0	-10,0	40,0	0,0	37,0	7,5
Caatinga	41,8	48,8	-16,9	43,7	-4,6	40,0	-4,3	36,4	12,8	34,9	16,5
Veredas	0,8	1,1	-31,3	1,1	-26,5	1,0	-20,5	1,0	-14,5	0,9	-7,2
Cachoeira das Almas	3,6	4,6	-28,0	4,2	-16,1	3,8	-5,3	3,4	5,3	3,1	14,1
Cachoeira do Paredão	5,0	5,9	-16,7	5,3	-6,0	4,9	3,6	4,4	12,9	4,0	20,8
Porto do Cavalo	60,4	71,0	-17,6	65,0	-7,6	59,5	1,5	54,1	10,4	49,5	18,0
Porto Alegre	61,8	66,8	-8,2	61,7	0,2	56,9	7,9	52,2	15,5	48,2	22,0
Média			20,3		12,4		9,5		12,0		17,7

Tabela 3. Valores de $Q_{7,10}$ calculados com base nos dados históricos e estimados pelo modelo utilizando o α de cada estação, a Q_0 estimada pelas equações ajustadas para cada estação, o início do período de recessão em primeiro de maio (a) e primeiro de junho (b) e o final do período de recessão na data especificada, bem como os erros relativos (ER) entre as $Q_{7,10}$ calculadas e estimadas

(a)

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)										
	Calculada	30/set	ER (%)	15/out	ER (%)	31/out	ER (%)	15/nov	ER (%)	30/nov	ER (%)
Fazenda Limoeiro	1,1	1,6	-37,2	1,4	-24,8	1,3	-14,2	1,2	-3,5	1,1	5,3
Fazenda Córrego do Ouro	3,1	5,1	-65,3	4,6	-48,7	4,1	-33,8	3,7	-19,5	3,3	-7,5
Fazenda Nolasco	0,5	0,5	-8,2	0,5	2,0	0,4	10,2	0,4	18,4	0,4	26,5
Barra do Escurinho	3,2	4,4	-40,3	3,9	-25,6	3,5	-12,1	3,1	0,6	2,8	11,2
Ponte da BR-040 (Paracatu)	9,4	12,1	-28,7	11,1	-18,6	9,8	-4,5	8,8	6,1	7,9	15,4
Santa Rosa	21,4	24,5	-14,6	23,1	-7,8	20,4	4,9	18,5	13,7	16,8	21,4
Fazenda Barra da Égua	1,3	1,5	-14,9	1,4	-2,2	1,2	9,0	1,1	19,4	1,0	27,6
Fazenda Poções	1,0	1,5	-54,6	1,4	-41,2	1,3	-28,9	1,1	-16,5	1,0	-6,2
Fazenda Limeira	13,2	15,6	-27,9	14,0	-15,1	12,9	-5,5	11,7	4,3	10,6	13,4
Unai	11,1	14,4	-30,5	12,8	-16,1	11,6	-5,3	10,5	5,0	9,5	13,9
Santo Antônio do Boqueirão	12,5	15,7	-8,4	14,3	1,2	13,0	10,0	11,8	18,4	10,8	25,6
Fazenda o Resfriado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fazenda Santa Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Porto dos Poções	16,6	20,3	-19,3	18,3	-7,8	16,5	2,8	14,8	12,8	13,4	21,2
Porto da Extrema	39,3	43,0	-7,5	46,0	-15,0	42,0	-5,0	38,0	5,0	34,0	15,0
Caatinga	40,5	50,6	-25,1	46,0	-13,6	41,7	-3,1	38,3	5,4	34,2	15,5
Veredas	0,9	1,2	-33,7	1,1	-26,7	1,0	-19,8	1,0	-14,0	0,9	-8,1
Cachoeira das Almas	5,2	5,7	-14,5	5,1	-3,0	4,6	7,4	4,1	17,3	3,7	25,7
Cachoeira do Paredão	4,9	5,1	-7,1	4,6	3,3	4,2	12,9	3,7	21,9	3,4	29,6
Porto do Cavalo	60,0	72,6	-20,2	66,1	-9,4	60,2	0,4	54,4	9,9	49,6	17,9
Porto Alegre	59,7	74,1	-20,0	67,9	-9,9	62,2	-0,7	56,6	8,3	51,9	16,0
Média			25,1		15,4		10,0		11,6		17,0

(b)

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)										
	Calculada	30/set	ER (%)	15/out	ER (%)	31/out	ER (%)	15/nov	ER (%)	30/nov	ER (%)
Fazenda Limoeiro	1,1	1,6	-38,1	1,4	-26,5	1,3	-15,9	1,2	-5,3	1,1	3,5
Fazenda Córrego do Ouro	3,1	5,0	-61,7	4,5	-46,1	4,1	-32,1	3,7	-18,5	3,3	-7,1
Fazenda Nolasco	0,5	0,5	-8,2	0,5	2,0	0,4	10,2	0,4	18,4	0,4	24,5
Barra do Escurinho	3,2	4,3	-37,7	3,9	-23,6	3,5	-10,9	3,1	1,3	2,8	11,5
Ponte da BR-040 (Paracatu)	9,4	12,6	-34,9	11,6	-23,5	10,5	-12,3	9,5	-1,1	8,5	8,9
Santa Rosa	21,4	25,4	-18,5	23,3	-8,9	21,4	0,0	19,6	8,6	18,0	16,1
Fazenda Barra da Égua	1,3	2,0	-34,5	1,8	-21,6	1,6	-8,1	1,4	2,7	1,3	12,2
Fazenda Poções	1,0	1,6	-67,0	1,5	-53,6	1,4	-41,2	1,3	-28,9	1,2	-18,6
Fazenda Limeira	13,2	16,1	-31,6	14,6	-19,7	13,3	-8,9	12,0	1,5	10,9	10,5
Unai	11,1	14,1	-27,4	12,7	-15,4	11,6	-4,7	10,4	5,5	9,5	14,4
Santo Antônio do Boqueirão	12,5	14,5	-16,0	13,2	-6,0	12,1	3,2	11,0	12,1	10,0	19,7
Fazenda o Resfriado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fazenda Santa Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Porto dos Poções	16,6	16,6	2,2	15,1	11,1	13,7	19,4	12,4	27,2	11,3	33,8
Porto da Extrema	39,3	52,0	-30,0	50,0	-25,0	45,0	-12,5	40,0	0,0	37,0	7,5
Caatinga	40,5	55,5	-37,0	51,2	-26,4	46,8	-15,6	42,6	-5,2	38,7	4,5
Veredas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cachoeira das Almas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cachoeira do Paredão	4,9	6,0	-22,0	5,4	-10,6	4,9	-0,6	4,5	9,2	4,1	17,3
Porto do Cavalo	60,0	92,9	-53,8	85,0	-40,8	77,8	-28,8	70,8	-17,2	64,8	-7,3
Porto Alegre	59,7	70,7	-14,6	65,0	-5,2	60,4	2,1	55,6	10,0	51,5	16,6
Média			31,5		21,5		13,3		10,2		13,8

31 de outubro, sendo este de 10%, enquanto que, quando da consideração do início do período de recessão em primeiro de junho a data correspondente ao final do período de recessão que apresentou o menor erro relativo médio foi 15 de novembro, sendo este de 10,2%.

Pela comparação dos valores de $Q_{7,10}$ apresentados nas Tabelas 2a e 3a, sendo que na Tabela 3a a $Q_{7,10}$ foi obtida utilizando as $Q_{1 \text{ maio}}$ estimadas pelas equações ajustadas para cada estação e na Tabela 2a a $Q_{7,10}$ foi obtida utilizando a $Q_{1 \text{ maio}}$ da série histórica, constatou-se um comportamento similar entre os valores de $Q_{7,10}$ obtidos, mostrando que o emprego das equações para a estimativa da $Q_{1 \text{ maio}}$ em substituição ao uso dos dados originais não alteraram o comportamento do modelo.

Observa-se que os valores de $Q_{7,10}$ apresentados nas Tabelas 2b e 3b, sendo que na Tabela 3b a $Q_{7,10}$ foi obtida utilizando as $Q_{1 \text{ junho}}$ estimadas pelas equações ajustadas para cada estação e na Tabela 2b a $Q_{7,10}$ foi obtida utilizando a $Q_{1 \text{ junho}}$ da série histórica, apresentaram comportamento diferente entre os valores de $Q_{7,10}$ obtidos, mostrando que a inserção das equações para a estimativa da $Q_{1 \text{ junho}}$ alterou a escolha da data correspondente ao final do período de recessão. Porém, evidencia-se (Tabela 3b) que a diferença dos valores de ER médios para a data correspondente ao final do período de recessão 31 de outubro (13,3%) e 15 de novembro (10,2%) são pequenas, indicando que a inserção das equações para a estimativa da $Q_{1 \text{ junho}}$ não modificaram expressivamente o modelo.

Na Tabela 4 são apresentados os valores de $Q_{7,10}$ calculados com base nos dados históricos e estimados pelo modelo utilizando o α médio das 21 estações fluviométricas, a Q_0 obtida da série histórica, o início do período de recessão em primeiro de maio e primeiro de junho e o final do período de recessão na data especificada, bem como os erros relativos (ER) entre as $Q_{7,10}$ calculadas e estimadas. Observa-se que a data correspondente ao final do período de recessão que apresentou menor erro relativo médio foi 31 de outubro, sendo este erro de 13,3% quando da consideração do início do período de recessão em maio e de 12,2% em junho.

Pela comparação dos valores da $Q_{7,10}$ apresentados nas Tabelas 2a e 4a, sendo que na Tabela 4a a $Q_{7,10}$ foi obtida utilizando um valor de α como sendo o médio das 21 estações fluviométricas e na Tabela 2a a $Q_{7,10}$ foi obtida utilizando um valor de α para cada estação fluviométrica, constata-se comportamento similar entre os valores de $Q_{7,10}$ obtidos, porém observa-se uma pequena tendência de incremento nos valores do ER quando da utilização do valor de α médio das 21 estações fluviométricas. Comportamento similar é evidenciado nos valores de $Q_{7,10}$ apresentados nas Tabelas 2b e 4b, mostrando que a utilização no modelo para estimativa da $Q_{7,10}$ de um valor de α médio das 21 estações fluviométricas, em termos geral, não apresentou diferença expressiva quando comparado com a utilização de um valor de α individualizado para cada estação.

Na Tabela 5 são apresentados os valores de $Q_{7,10}$ calculados com base nos dados históricos e estimados pelo modelo utilizando o α médio das 21 estações fluviométricas, a Q_0 estimada pela

Tabela 4. Valores de $Q_{7,10}$ calculados com base nos dados históricos e estimados pelo modelo utilizando o α médio das 21 estações fluviométricas, a Q_0 obtida da série histórica, o início do período de recessão em primeiro de maio (a) e primeiro de junho (b) e o final do período de recessão na data especificada, bem como os erros relativos (ER) entre as $Q_{7,10}$ calculadas e estimadas

(a)

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)										
	Calculada	30/set	ER (%)	15/out	ER (%)	31/out	ER (%)	15/nov	ER (%)	30/nov	ER (%)
Fazenda Limoeiro	1,1	1,4	-18,4	1,2	-7,9	1,1	1,8	1,0	10,5	0,9	18,4
Fazenda Córrego do Ouro	3,1	5,2	-67,9	4,7	-52,9	4,3	-39,3	3,9	-26,3	3,6	-15,3
Fazenda Nolasco	0,5	0,5	-13,0	0,5	-4,3	0,4	6,5	0,4	15,2	0,4	21,7
Barra do Escurinho	3,2	4,3	-25,5	3,9	-14,4	3,6	4,4	3,2	5,6	2,9	14,1
Ponte da BR-040 (Paracatu)	9,4	13,0	-36,3	11,9	-24,4	10,8	13,3	9,8	-2,5	8,9	6,4
Santa Rosa	21,4	22,7	-5,4	20,7	4,0	18,9	12,5	17,1	20,7	15,6	27,7
Fazenda Barra da Égua	1,3	1,6	-26,6	1,4	-15,3	1,3	-4,8	1,2	4,8	1,1	13,7
Fazenda Poções	1,0	1,2	-27,8	1,1	-17,5	1,0	-7,2	0,9	3,1	0,9	11,3
Fazenda Limeira	13,2	14,3	-10,5	13,1	-0,9	11,9	8,1	10,8	16,7	9,8	24,2
Unai	11,1	14,5	-29,9	13,2	-18,6	12,0	7,9	10,9	2,1	9,9	10,9
Santo Antônio do Boqueirão	12,5	12,3	3,2	13,4	-5,4	12,2	3,9	11,1	12,9	10,1	20,6
Fazenda o Resfriado	1,2	1,0	18,2	0,9	25,6	0,8	32,2	0,8	38,0	0,7	43,8
Fazenda Santa Cruz	1,3	0,8	39,4	0,7	44,1	0,6	49,6	0,6	54,3	0,5	58,3
Porto dos Poções	16,6	18,7	-13,8	17,1	-3,7	15,5	5,5	14,1	14,4	12,8	22,0
Porto da Extrema	39,3	49,9	-24,5	45,5	-13,5	41,4	-3,3	37,5	6,3	34,2	14,6
Caatinga	40,5	50,2	-20,1	45,7	-9,5	41,7	0,2	37,7	9,6	34,4	17,6
Veredas	0,9	0,7	11,1	0,7	18,5	0,6	25,9	0,5	33,3	0,5	39,5
Cachoeira das Almas	5,2	5,6	-55,4	5,1	-41,6	4,7	-29,1	4,2	-16,9	3,9	-6,6
Cachoeira do Paredão	4,9	5,7	-13,1	5,2	-3,0	4,7	6,2	4,3	14,9	3,9	22,4
Porto do Cavalo	60,0	64,7	-7,1	58,9	2,4	53,7	11,0	48,7	19,4	44,4	26,6
Porto Alegre	59,7	67,0	-13,3	61,0	-3,3	55,8	5,6	50,6	14,4	45,9	22,3
Média			22,9		15,8		13,3		16,3		21,8

(b)

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)										
	Calculada	30/set	ER (%)	15/out	ER (%)	31/out	ER (%)	15/nov	ER (%)	30/nov	ER (%)
Fazenda Limoeiro	1,1	1,4	-23,7	1,3	-13,2	1,2	-4,4	1,0	8,8	1,0	13,2
Fazenda Córrego do Ouro	3,1	5,0	-61,0	4,6	-47,7	4,2	-35,7	3,8	-23,7	3,5	-13,3
Fazenda Nolasco	0,5	0,6	-26,1	0,5	-15,2	0,5	-4,3	0,4	4,3	0,4	10,9
Barra do Escurinho	3,2	4,6	-36,1	4,3	-24,9	3,9	-14,7	3,6	-4,4	3,3	4,1
Ponte da BR-040 (Paracatu)	9,4	13,6	-42,0	12,5	-30,4	11,4	19,4	10,4	-9,0	9,6	0,0
Santa Rosa	21,4	22,7	-5,4	20,9	3,2	19,1	11,3	17,5	19,0	16,0	25,8
Fazenda Barra da Égua	1,3	1,3	-4,0	1,2	4,8	1,1	12,9	1,0	20,2	0,9	27,4
Fazenda Poções	1,0	1,3	-28,9	1,2	-18,6	1,1	-8,2	1,0	1,0	0,9	9,3
Fazenda Limeira	13,2	15,6	-20,1	14,3	-10,2	13,1	-1,0	12,0	7,7	10,9	15,6
Unai	11,1	14,8	-33,3	13,6	-22,1	12,5	-11,9	11,4	-2,2	10,4	6,4
Santo Antônio do Boqueirão	12,5	15,3	-20,8	14,1	-10,8	12,9	-1,6	11,8	7,3	10,8	15,0
Fazenda o Resfriado	1,2	1,1	13,2	1,0	18,2	0,9	25,6	0,8	32,2	0,8	37,2
Fazenda Santa Cruz	1,3	0,9	33,1	0,8	38,6	0,7	44,1	0,7	48,8	0,6	53,5
Porto dos Poções	16,6	18,8	-14,4	17,3	-5,0	15,8	3,8	14,5	12,0	13,3	19,4
Porto da Extrema	39,3	51,6	-28,8	47,3	-18,1	43,4	-8,3	39,6	1,2	36,3	9,4
Caatinga	40,5	50,9	-21,9	46,7	-11,8	42,8	-2,5	39,0	6,5	35,8	14,2
Veredas	0,9	0,8	1,2	0,7	9,9	0,7	16,0	0,6	24,7	0,6	30,9
Cachoeira das Almas	5,2	4,9	-36,6	4,5	-25,2	4,2	-15,0	3,8	-4,7	3,5	3,9
Cachoeira do Paredão	4,9	6,3	-25,4	5,8	-15,1	5,3	-5,6	4,9	3,8	4,5	11,7
Porto do Cavalo	60,0	71,6	-18,6	65,7	-8,7	60,2	0,3	54,9	9,0	48,9	19,1
Porto Alegre	59,7	60,3	-2,1	55,3	6,3	53,3	9,8	48,6	17,7	42,5	28,1
Média			23,7		17,0		12,2		12,8		17,5

Tabela 5. Valores de $Q_{7,10}$ calculados com base nos dados históricos e estimados pelo modelo utilizando o α médio das 21 estações fluviométricas, a Q_0 estimada pela equação generalizada para a bacia, o início do período de recessão em primeiro de maio (a) e primeiro de junho (b) e o final do período de recessão na data especificada, bem como os erros relativos (ER) entre as $Q_{7,10}$ calculadas e estimadas

(a)

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)										
	Calculada	30/set	ER (%)	15/out	ER (%)	31/out	ER (%)	15/nov	ER (%)	30/nov	ER (%)
Fazenda Limoeiro	1,1	1,2	-8,9	1,1	0,9	1,0	8,9	0,9	17,9	0,8	25,0
Fazenda Córrego do Ouro	3,1	4,7	-51,6	4,3	-38,3	3,9	-26,0	3,5	-14,3	3,2	-4,2
Fazenda Nolasco	0,5	0,5	-4,1	0,5	4,1	0,4	12,2	0,4	20,4	0,4	28,6
Barra do Escurinho	3,2	4,2	-31,5	3,9	-19,9	3,5	-9,3	3,2	0,9	2,9	9,7
Ponte da BR-040 (Paracatu)	9,4	17,3	-84,3	15,7	-68,0	14,3	-52,9	13,0	-38,5	11,8	-26,4
Santa Rosa	21,4	27,9	-30,3	25,4	-18,6	23,2	-8,2	21,0	2,0	19,1	10,6
Fazenda Barra da Égua	1,3	2,9	-115,7	2,6	-96,3	2,4	-79,1	2,2	-61,9	2,0	-47,8
Fazenda Poções	1,0	1,2	-23,7	1,1	-12,4	1,0	-3,1	0,9	6,2	0,8	15,5
Fazenda Limeira	13,2	10,4	21,4	9,5	28,2	8,6	34,6	7,8	40,8	7,2	45,8
Unai	11,1	11,3	-1,8	10,3	7,2	9,3	15,6	8,5	23,4	7,7	30,4
Santo Antônio do Boqueirão	12,5	12,5	-0,6	11,4	8,3	10,4	16,5	9,4	24,4	8,6	31,0
Fazenda o Resfriado											
Fazenda Santa Cruz											
Porto dos Poções	16,6	16,3	1,7	14,8	10,4	13,6	18,1	12,3	25,9	11,2	32,5
Porto da Extrema	39,3	58,9	-50,1	53,7	-36,8	48,9	-24,6	44,3	-12,9	40,4	-2,9
Caatinga	40,5	61,3	-51,4	55,9	-38,0	50,9	-25,8	46,1	-14,0	42,0	-3,9
Veredas	0,9	0,4	51,2	0,4	55,8	0,4	59,3	0,3	64,0	0,3	67,4
Cachoeira das Almas	5,2	10,1	-93,9	9,2	-76,7	8,4	-61,0	7,5	-44,2	7,0	-32,9
Cachoeira do Paredão	4,9	10,2	-111,1	9,3	-92,4	8,5	-75,3	7,7	-58,8	7,0	-44,7
Porto do Cavalo	60,0	88,1	-46,9	80,3	-33,8	73,1	-21,9	66,2	-10,3	60,3	-0,5
Porto Alegre	59,7	86,3	-44,7	78,6	-31,8	71,6	-20,1	64,9	-8,8	59,0	1,0
Média			43,4		35,7		30,1		25,8		24,3

(b)

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)										
	Calculada	30/set	ER (%)	15/out	ER (%)	31/out	ER (%)	15/nov	ER (%)	30/nov	ER (%)
Fazenda Limoeiro	1,1	1,3	-11,6	1,1	-1,8	1,1	6,3	1,0	14,3	0,9	21,4
Fazenda Córrego do Ouro	3,1	4,9	-59,4	4,5	-46,1	4,1	-34,1	3,8	-22,4	3,5	-12,3
Fazenda Nolasco	0,5	0,5	-2,0	0,5	6,1	0,4	14,3	0,4	20,4	0,4	26,5
Barra do Escurinho	3,2	4,4	-37,4	4,0	-25,9	3,7	-15,3	3,4	-5,3	3,1	3,4
Ponte da BR-040 (Paracatu)	9,4	17,8	-89,5	16,3	-73,9	14,9	-59,4	13,6	-45,5	12,5	-33,4
Santa Rosa	21,4	28,5	-33,0	26,1	-22,0	24,0	-11,9	21,9	-2,0	20,1	6,4
Fazenda Barra da Égua	1,3	3,2	-116,9	3,0	-99,3	2,7	-82,4	2,5	-66,9	2,3	-52,7
Fazenda Poções	1,0	1,3	-32,0	1,2	-21,6	1,1	-11,3	1,0	-1,0	0,9	7,2
Fazenda Limeira	13,2	11,0	16,9	10,1	23,6	9,2	30,2	8,4	36,3	7,7	41,5
Unai	11,1	11,9	-7,7	10,9	1,3	10,0	9,5	9,1	17,5	8,4	24,3
Santo Antônio do Boqueirão	12,5	13,1	-5,1	12,0	3,7	11,0	11,6	10,1	19,4	9,2	26,1
Fazenda o Resfriado											
Fazenda Santa Cruz											
Porto dos Poções	16,6	18,7	-13,1	17,1	-3,6	15,7	5,0	12,0	27,4	13,2	20,5
Porto da Extrema	39,3	62,6	-59,4	57,4	-46,2	52,6	-34,1	48,0	-22,3	44,0	-12,2
Caatinga	40,5	64,6	-59,6	59,3	-46,4	54,4	-34,3	49,6	-22,5	45,5	-12,4
Veredas											
Cachoeira das Almas											
Cachoeira do Paredão	4,9	11,1	-121,6	10,1	-101,2	9,2	-84,6	8,4	-68,4	7,7	-54,4
Porto do Cavalo	60,0	91,3	-52,3	83,6	-39,4	76,5	-27,5	70,1	-16,9	63,6	-6,1
Porto Alegre	59,7	88,7	-48,7	81,3	-36,3	74,6	-25,0	68,0	-14,0	62,4	-4,6
Média			46,5		37,2		31,3		26,9		23,6

equação generalizada para a bacia, o início do período de recessão em primeiro de maio e primeiro de junho e o final do período de recessão na data especificada, bem como os erros relativos (ER) entre as $Q_{7,10}$ calculadas e estimadas. Observa-se que a data correspondente ao final do período de recessão que apresentou menor erro relativo médio foi 30 de novembro, sendo este erro de 24,3% quando da consideração do início do período de recessão em maio e de 23,6% em junho.

Pela comparação dos valores de $Q_{7,10}$ apresentados nas Tabelas 5a e 4a, sendo que na Tabela 5a a $Q_{7,10}$ foi obtida utilizando a $Q_{1 \text{ maio}}$ estimada pela equação generalizada para bacia e na Tabela 4a a $Q_{7,10}$ foi obtida utilizando a $Q_{1 \text{ maio}}$ obtida da série histórica, constata-se um comportamento diferenciado entre os valores de $Q_{7,10}$ obtidos, mostrando um incremento expressivo nos valores do ER quando da utilização da equação generalizada para a bacia. Constata-se também nestas duas tabelas que as datas correspondentes ao final do período de recessão que apresentaram menores valores de ER foram bem diferentes. Comportamento similar é evidenciado nos valores de $Q_{7,10}$ apresentados nas Tabelas 5b e 4b, mostrando que a utilização da equação generalizada para bacia para estimativa da Q_0 apresentou piora expressiva no desempenho do modelo, não sendo portanto recomendável a utilização desta equação no modelo para estimativa da $Q_{7,10}$.

Pela análise dos resultados apresentados nas Tabelas 2 a 5 evidenciou-se que não ocorreu diferença expressiva no desempenho do modelo para a estimativa da $Q_{7,10}$ quando da consideração do início do período de recessão em maio ou em junho, porém houveram diferenças expressivas quando da consideração das diferentes datas consideradas para o final do período de recessão, sendo evidenciado para as condições estudadas que a data 31 de outubro foi a que permitiu uma melhor estimativa das $Q_{7,10}$ estimadas. Desta forma, o modelo recomendado para a estimativa da $Q_{7,10}$ é o que considera a seguinte combinação das variáveis estudadas: período de recessão do dia primeiro de maio ou primeiro de junho até 31 de outubro, valor de α correspondente à estação fluviométrica e valor de Q_0 obtido da série histórica. Entretanto, caso o usuário não possua a série histórica para a localidade analisada, a utilização do modelo considerando o valor de Q_0 estimado pelas equações ajustadas aos dados de precipitação para cada estação fluviométrica pode constituir em uma boa alternativa sendo que, neste caso o erro relativo médio deve aumentar de 9,8% para 11,7%.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir que o modelo para a estimativa das vazões mínimas a partir da curva de recessão do escoamento subterrâneo e de dados pluviométricos apresentou um bom desempenho, sendo que os melhores resultados foram obtidos quando da consideração da seguinte combinação das variáveis estudadas: período de recessão do dia primeiro de maio ou primeiro de junho a 31 de outubro; coeficiente de recessão do escoamento subterrâneo

médio relativo à estação fluviométrica em análise; e vazão correspondente ao início do período de recessão estimada pelas equações ajustadas aos dados de precipitação média na área de drenagem da estação fluviométrica considerada.

LITERATURA CITADA

Euclides, H. P., Ferreira, P. A., Pinto, F. A., Vigoderis, R. B. **Atlas digital das águas de Minas**. Viçosa: UFV, DEA; Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: RURALMINAS. 2005. CD-ROM.

Ramos, M.M., Pruski, F.F. Subprojeto 4.3 – quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na bacia do São Francisco. In: Projeto gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco. ANA,/GEF/PNUMA/OEA. **Relatório Final**. Viçosa, MG. 2003. 190 p.

Rodriguez, R. del G. **Metodologia para estimativa das demandas e das disponibilidades hídricas na bacia do rio Paracatu**. 2004. 94p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Tucci, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. Universidade: UFRGS. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998. p. 669.

Tucci, C. E. M., Clarke, R. T., Silva Dias, P. L., Collischonn, W. **Previsão de médio prazo da afluência de reservatórios com base na previsão climática**. Instituto de Pesquisa e Hidráulica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Projeto: BRA/00/29. Relatório Final. 2002.