

REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS NA BACIA DO RIO PARAGUAÇU-BA

Erick de Lima Sebadelhe Valério^{1} & Felipe M. P. Mamedio²*

Resumo - A regionalização de vazões é uma técnica bastante aplicada na hidrologia para transferir informações de um local para outro, adquirindo grande importância na realização de estudos hidrológicos em regiões que apresentam escassez de dados. Neste trabalho foi utilizado o método tradicional para regionalizar as vazões médias e mínimas na bacia do rio Paraguaçu, localizada no estado da Bahia, com o objetivo de verificar se a metodologia aplicada é adequada para a região. A bacia foi dividida em 3 regiões, de acordo com seus rios. As vazões médias diárias e mínimas diárias de 7 dias foram relacionadas com as áreas de drenagem para gerar as funções regionais. Os resultados obtidos indicaram que é possível estabelecer funções regionais que representam bem a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu. Embora a utilização de apenas uma variável independente (área de drenagem) possa ser considerada uma limitação da metodologia utilizada. Esse estudo é de grande importância para estabelecer um panorama dos limites superiores e inferiores do uso da água na bacia que, neste caso, apresenta grande importância para o estado da Bahia.

Palavras-Chave: Método Tradicional, Vazão.

Abstract - The hydrologic regionalization is a technique widely applied in hydrology to transfer information from one location to another, acquiring great importance in the realization of hydrologic studies in regions with lack of data. In this study we used the Traditional method to regionalize the mean and low flows in the Paraguaçu River basin, located in the state of Bahia, with the objective to check if the methodology is appropriate for the region. The basin was divided in three regions, according to their rivers. The mean and low daily flows of 7 days were related to drainage areas to generate regional functions. The results indicated that it is possible to establish regional functions that represent well the Paraguaçu River basin. Although, the use of only one independent variable (drainage area) can be considered a limitation of the methodology used. This study is very important to establish an overview of the upper and lower limits of the use of water in the basin that, in this case, has a great importance for the state of Bahia.

Keywords: Traditional Method, Flow.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das vazões em diferentes seções de interesse é fundamental para a realização de estudos hidrológicos e para uma boa gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica. Esta variável é necessária para que se possa conhecer a capacidade dos mananciais, auxiliando o gestor no gerenciamento sustentável da água, de forma a possa suprir tanto as necessidades das múltiplas demandas existentes, quanto àquelas necessárias à manutenção da vida aquática e terrestre que se desenvolve no corpo hídrico e na sua área de influência.

Devido a escassez de dados para a realização de estudos hidrológicos, tem-se buscado cada vez mais formas de transferir informações de um local para outro na bacia. Segundo Tucci (2002) uma rede hidrométrica dificilmente abrange todos os locais necessários para o gerenciamento dos recursos hídricos de uma região, implicando na existência de lacunas temporais e espaciais comumente preenchidas com base em metodologias robustas. Assim, em um país como o Brasil,

^{1*}Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento, PPGRHS/CTEC/UFAL, Email: ericksebadelhe@hotmail.com.

² Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH/UFRGS, Email: fmp_mamedio@hotmail.com.

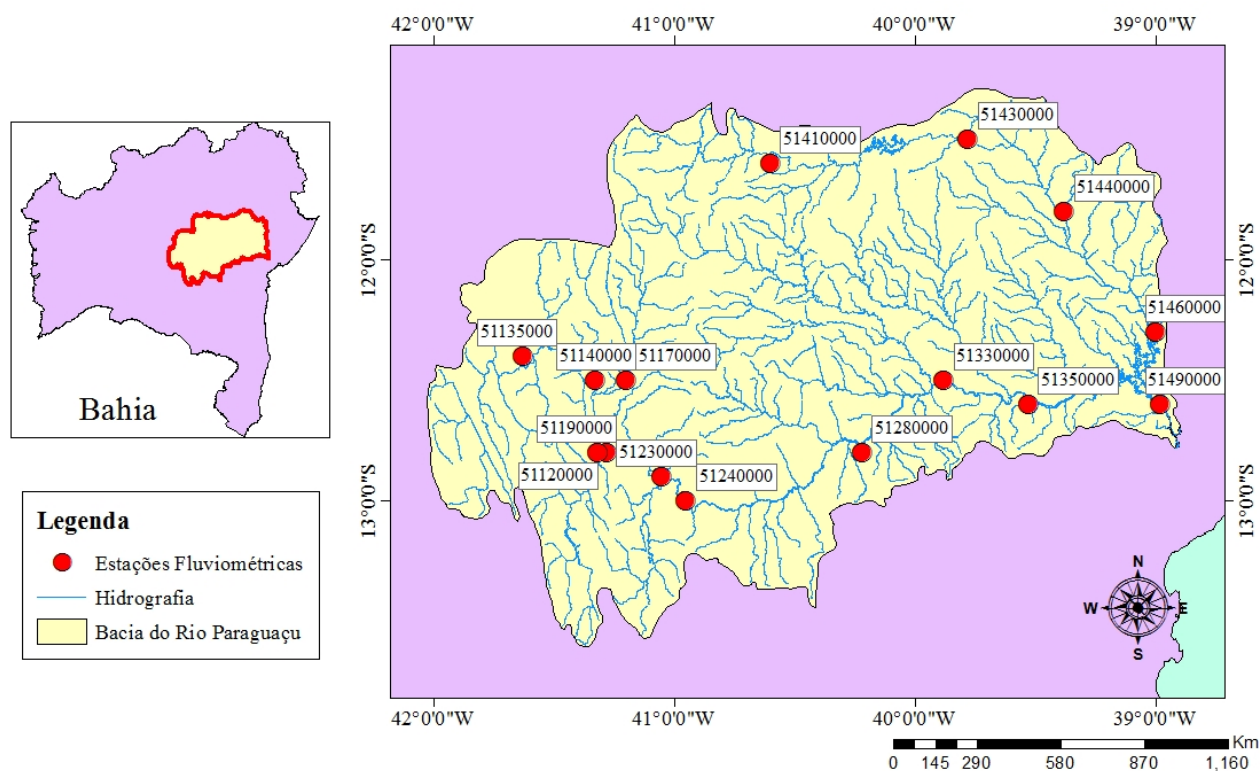
que apresenta uma rede de medições de vazões incompatível com suas dimensões, a aplicação de técnicas que permitem estimar essa variável adquirem grande importância no fornecimento de informações hidrológicas que auxiliem na gestão dos recursos hídricos (JUNIOR e ANDRADE, 2012).

A regionalização é um termo bastante usado na hidrologia, sendo definido como a transferência de informações de um local para outro, dentro de uma área que apresenta comportamento hidrológico semelhante. Através deste procedimento é possível estimar diversas variáveis hidrológicas, como vazões máximas, médias e mínimas, em regiões que apresentam pouca ou nenhuma disponibilidade de dados. Essas estimativas são bastante aplicadas na previsão de cheias, dimensionamento de reservatórios e outras obras hidráulicas (JUNIOR e ANDRADE, 2012; TUCCI, 2002).

Neste trabalho foi utilizado o método tradicional para regionalizar as vazões médias e mínimas na bacia do rio Paraguaçu, localizada no estado da Bahia. Estabelecendo um comparativo entre os valores observados e calculados, objetivou-se verificar se a metodologia aplicada é adequada para a região.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu está localizada na região centro-leste do estado da Bahia (Figura 1), compondo a Região de Planejamento e Gestão das Águas - RPGA de número X (INEMA, 2013). Apresenta uma área de 54.877 km², abrangendo 83 municípios, incluindo Feira de Santana, a segunda maior cidade do estado. Em sua superfície residem, aproximadamente, 1,7 milhões de pessoas, que constituem cerca de 12,68% da população do estado (GENZ *et al.*, 2012; IBGE, 2010). O clima predominante é o semiárido.



Bacia do Rio Paraguaçu

Figura 1- Localização da Bacia e dos Postos Fluviométricos

Destaca-se na bacia a presença de grandes reservatórios como: Apertado, Bandeira de Melo, São José de Jacuípe e Pedra do Cavalo. O armazenamento nesses reservatórios é o sistema dominante para atender as demandas do abastecimento humano, animal e irrigação. A água proveniente do rio Paraguaçu contribui com cerca de 60% do abastecimento da região metropolitana de Salvador (GENZ *et al.*, 2012).

METODOLOGIA

Obtenção e análise dos dados

As séries históricas de vazão foram obtidas no banco de dados disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA). Analisando a disponibilidade de dados, selecionou-se 14 estações fluviométricas localizadas na bacia do rio Paraguaçu (i.e. Figura 1). As informações sobre essas estações são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Informações dos postos escolhidos

Código	Nome da estação	Rio	Latitude	Longitude	Área (km ²)
51120000	Andaraí	Rio Paraguaçu	-12,8	-41,3	2350
51135000	Cochó Dos Malheiros	Rio Cochó	-12,4	-41,6	2940
51140000	Porto	Rio Santo Antônio	-12,5	-41,3	6180
51170000	Utinga	Rio Utinga	-12,5	-41,2	2710
51190000	Fertém	Rio Santo Antônio	-12,8	-41,3	9670
51240000	Itaeté	Rio Paraguaçu	-13,0	-40,9	16500
51280000	Iaçu	Rio Paraguaçu	-12,8	-40,2	22800
51330000	Faz. Santa Fé	Rio Paraguaçu	-12,5	-39,9	32000
51350000	Argoim	Rio Paraguaçu	-12,6	-39,5	37900
51410000	França	Rio Jacuípe	-11,6	-40,6	2070
51430000	Gavião Ii	Rio Jacuípe	-11,5	-39,8	5040
51440000	Riacho Do Jacuípe	Rio Jacuípe	-11,8	-39,4	7130
51460000	Ponte Rio Branco	Rio Jacuípe	-12,3	-39,0	11600
51490000	Pedra Do Cavalo	Rio Paraguaçu	-12,6	-38,9	54000

Para fazer a regionalização, a bacia foi dividida em 2 regiões de acordo com seus rios. A primeira correspondendo aos postos 51120000 (Andaraí), 51240000 (Itaeté), 51280000 (Iaçu), 51330000 (Fazenda Santa Fé), 51350000 (Argoim) e 51490000 (Pedra do Cavalo) que estão localizados ao longo do rio Paraguaçu; e a segunda relacionada aos rios Cochó, Santo Antônio e Utinga, onde estão as estações 51135000 (Cochó dos Malheiros), 51140000 (Porto), 51170000 (Utinga) e 51190000 (Fertém).

A região que compreende o rio Jacuípe, onde estão os postos 51410000 (França), 51430000 (Gavião II), 51440000 (Riachão do Jacuípe) e 51460000 (Ponte Rio Branco) foi descartada do estudo, uma vez que, a barragem do São José do Jacuípe interfere na metodologia adotada. A análise dessa área seria viabilizada caso fosse analisado os dados do período anterior ao barramento do rio, mas para o presente estudo tal avaliação não foi contemplada.

Regiões homogêneas

A homogeneidade das regiões foi verificada através das curvas de vazões médias e vazões mínimas adimensionais. Plotou-se em um gráfico as vazões adimensionais dos postos, agrupados

por regiões, sendo possível verificar que os mesmos apresentavam uma tendência semelhante (i.e. Figuras 2 a 3).

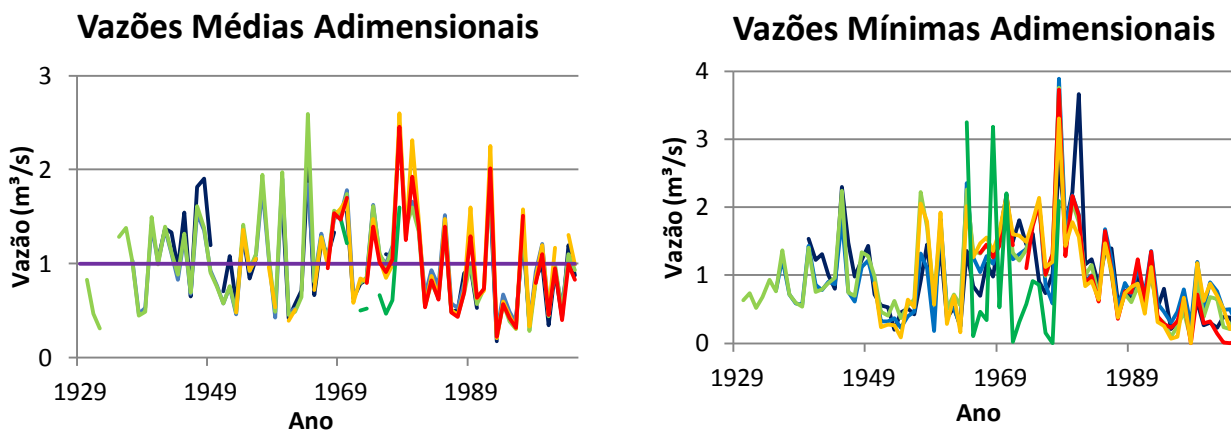


Figura 2 - Vazões médias e mínimas adimensionais para região 1 no período de 1929 a 2005

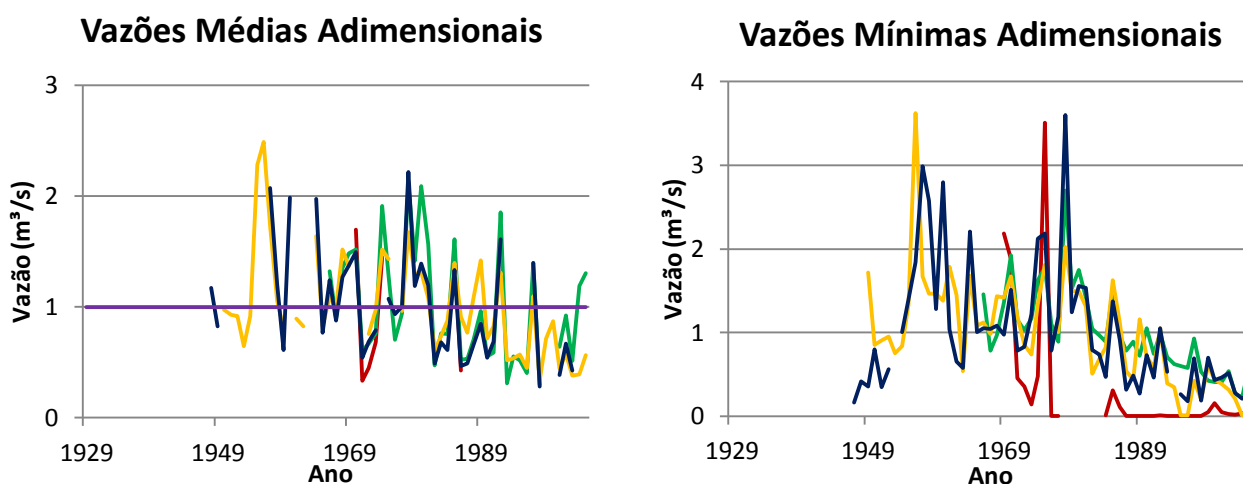


Figura 3 - Vazões médias e mínimas adimensionais para região 2 no período de 1929 a 2005

Regionalização de vazões médias e mínimas

A regionalização das vazões médias foi realizada pelo método tradicional, descrito pela ELETROBRÁS (1985) e que consiste no ajuste de equações de regressão entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea. A análise da regressão investiga como as variações em uma ou mais variáveis independentes afetam a variável dependente. Segundo Tucci *et al.* (2012) a equação de regressão que relaciona as variáveis fica da seguinte forma:

$$Q_m = f(A, P, D, DD, L) \quad (1)$$

Onde Q_m é a vazão média, A é a área de drenagem, P é a precipitação média anual, D é a declividade do rio, DD é a densidade de drenagem e L é o comprimento do rio. Esta equação pode ser apresentada seguindo modelos de regressão linear, potencial, exponencial e logarítmica.

Neste trabalho, as vazões médias diárias e mínimas diárias de 7 dias foram relacionadas com as áreas de drenagem. As regressões do tipo linear, potencial, exponencial e logarítmica foram testadas, sendo selecionada a que melhor se ajustou aos pontos, apresentando o melhor coeficiente de correlação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na aplicação do método tradicional de regionalização são apresentados nas Tabelas 2 e 3 e nas Figuras 4 e 5.

Tabela 2 - Ajustes obtidos para vazões médias em cada região

Região	Equação	Coefficiente de Correlação (R^2)
1	$Q = 0,3708 A^{0,5235}$	0,9640
2	$Q = 0,0044 A - 10,481$	0,9394

Tabela 3 - Ajustes obtidos para vazões mínimas em cada região

Região	Equação	Coefficiente de Correlação (R^2)
1	$Q = 0,036 A^{0,5328}$	0,9509
2	$Q = 0,0006 A - 0,6312$	0,8534

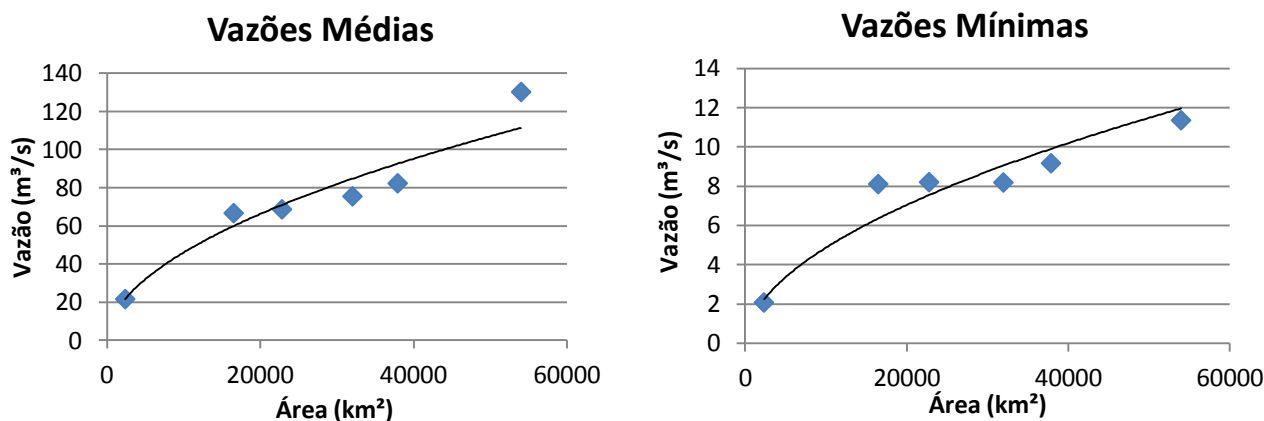


Figura 4 - Curvas médias regionais para vazões médias e mínimas na região 1

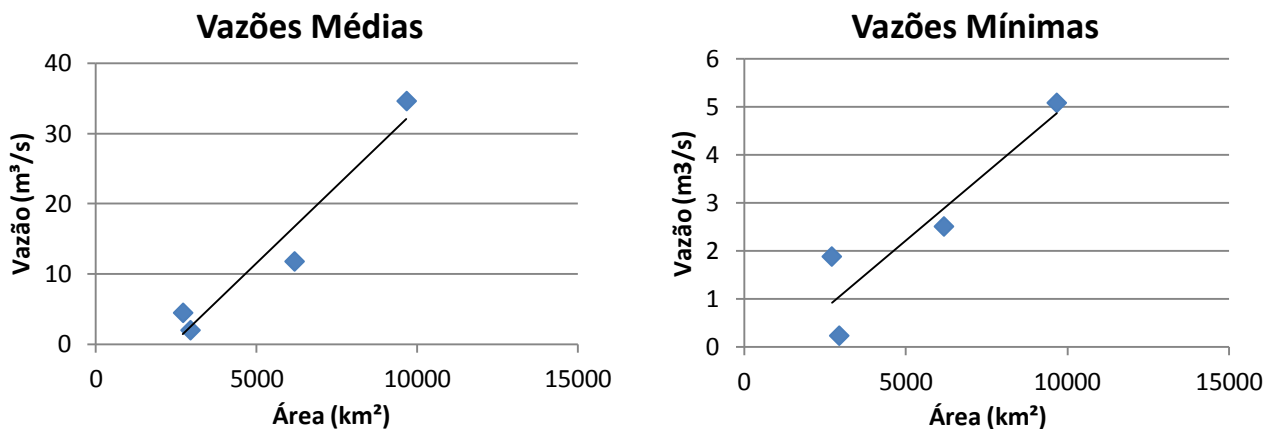


Figura 5 - Curvas médias regionais para vazões médias e mínimas na região 3

Através da análise das equações e dos gráficos obtidos podemos perceber que para a primeira região, os melhores ajustes ocorreram para a regressão do tipo potencial, enquanto que, para a segunda os melhores ajustes foram do tipo linear. Em todas as regiões foram obtidos bons ajustes para as vazões médias, evidenciados pelos coeficientes de correlação acima de 0,90 (90%). Apesar de o resultado apresentar uma boa correlação, a literatura em geral Tucci (2002, 2012), CPRM (2002) entre outros, apontam que o ajuste pode ser melhorado com o uso de outra variável explicativa, a exemplo da precipitação.

Com relação às vazões mínimas da região dois, o coeficiente não foi tão bom, apresentando o valor de 0,8534. No entanto, este resultado assemelha-se com o obtido por Pruski *et al.* (2012) ao se utilizar apenas a área de drenagem como variável explicativa e aponta que o ajuste poderia ser melhorado com a utilização de outra variável a exemplo da vazão equivalente e do volume precipitado, a qual é descrita nos estudos do autor mencionado.

CONCLUSÕES

Apesar da grande importância da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu no estado da Bahia, e do fato de estar inserida numa região de grande vulnerabilidade como o semiárido, a bacia em questão não apresenta uma rede de medições compatível com suas dimensões, fazendo-se necessário empregar metodologias como a regionalização de vazões. Isso aponta para certa negligência com a qual vem sendo tratada a questão dos recursos hídricos em algumas regiões.

Através da aplicação do método tradicional de regionalização de vazões, foi possível estabelecer funções regionais que representam a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu. Embora a utilização de apenas uma variável independente (área de drenagem) possa ser considerada como uma limitação, esta metodologia permite fazer uma estimativa das vazões médias e mínimas de longo prazo em regiões com falta ou nenhuma disponibilidade de dados, sendo muito importante para estabelecer um panorama dos limites superiores e inferiores do uso da água do manancial.

Recomenda-se para o desenvolvimento dos próximos trabalhos a aplicação de outras metodologias de regionalização, como o Método da Conservação de Massa, para estabelecer um comparativo e verificar qual método é mais adequado para a região. Recomenda-se também inserir outras variáveis independentes, como a precipitação média anual, evaporação ou declividade, além de regionalizar as vazões mínimas para diferentes tempos de retorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM. 2002. *Relatório síntese do trabalho de regionalização de vazões da sub-bacia 59*. São Paulo. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br/rehi/regionalizacao/sint_reg59.pdf > Acesso em 29 de agosto de 2013.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. 1985. *Metodologia para regionalização de vazões*. Rio de Janeiro, v.1.

GENZ, F.; SILVA, S. F.; TANAJURA, C. A. S. 2012. *Impacto das mudanças climáticas nas vazões do rio Paraguaçu - cenário A1B de 2011 a 2040*. In *Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, João Pessoa.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2010. *Sinopse do censo demográfico 2010*. Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse> > Acesso em: 05 Mar. 2013.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - INEMA. 2013. *Mapa temático: Regiões de Planejamento e Gestão das Águas*. Disponível em: < <http://www.inema.ba.gov.br/download/458/>> Acesso em: 12 Mar. 2013.

JUNIOR, F. C. V.; ANDRADE, P. R. G. S. 2012. Uma análise regional de vazões na bacia do rio Paraguaçu-BA. In *Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, João Pessoa, Nov. 2012, 1.

PRUSKI, F. F.; NUNES, A. A.; REGO, F. S.; SOUZA, M. F. 2012. *Extrapolação de equações de regionalização de vazões mínimas: Alternativas para atenuar os riscos*. Water Resources and Irrigation Management. V.1, n°1, pg 51-59. Disponível em: < http://www.ufrb.edu.br/wrim/images/wrim-1-1-2012/WRIM.pdf_P.51-59.pdf > Acesso em: 29 de Agosto de 2013.

TUCCI, C. E. M. 2002. *Regionalização de vazões*. Porto Alegre: Universidade /UFRGS.

TUCCI, C. E. M. *et al.* 2012. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4 ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH.