

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

ESTUDO SOBRE VAZÃO REMANESCENTE EM PEQUENAS BACIAS DO RIO AMAZONAS

Etianne Monteiro Braga¹ & Claudio José Cavalcante Blanco²

RESUMO – O objetivo principal deste trabalho é propor um método hidrológico para a determinação de vazões remanescentes em pequenas bacias do Rio Amazonas. Tais bacias foram representadas por 23 postos fluviométricos com área de drenagem entre 100Km² e 1.400Km². O método proposto consiste em selecionar o maior valor entre as mínimas vazões anuais registradas, refletindo análise para o período de estiagem; denominado de *máximo das mínimas* ($q_{\max\min}$). Essa proposta busca determinar uma vazão remanescente com base em vazões máximas de estiagem, deixando uma margem de segurança maior no período de menor oferta hídrica. O resultado foi analisado e comparado a outros obtidos de modelos divulgados na literatura: $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$ da Curva de Permanência; $Q_{7,10}$; ELETROBRAS; Tennant/Montana. Estes últimos induzem adotar mínimos valores como vazões remanescentes, enquanto que o método sugerido tende a um valor maior e, demonstrou ser uma alternativa aceitável para a determinação de vazões remanescentes para pequenas e médias bacias hidrográficas do Rio Amazonas.

ABSTRACT – This research has as main objective, propose a hydrological method for the determination of flow remaining in small basins of Amazon River. The watersheds of the Amazon River were represented by 23 fluviometric stations, with drainage area of 100km² and 1,400km². The proposed method consists of selecting the greater of minimum recorded annual flows, reflecting analysis for dry season; called maximum of the minimum ($q_{\max\min}$). This proposal seeks to determine remaining flow based on maximum flows of drought and remains a safety greater flow in periods of low natural water supply. The result was analyzed and compared to other models obtained reported in the literature: $Q_{90\%}$ and $Q_{95\%}$ of the permanence curve; $Q_{7,10}$; ELETROBRAS; Tennant/Montana. The latter induces adopt minimum figures as the remaining flow, while the suggested method tends to a value greater and, proved to be an acceptable alternative for determining streamflow remaining for small watersheds of the Amazon River.

Palavras-Chave – vazão remanescente; Rio Amazonas; pequena bacia hidrográfica.

1)Doutoranda do PRODERNA/ITEC/UFPA: R. Augusto Correa, 01 – Guamá. CEP: 66075-110. Belém-PA, fone/fax:55.91.3201-7328, e-mail: etianne@ufpa.br

2) Professor da FAESA/ITEC/UFPA: R. Augusto Correa, 01 – Guamá. CEP: 66075-110. Belém-PA, fone/fax:55.91.3201-7328, e-mail: blanco@ufpa.br

INTRODUÇÃO

Vazão remanescente é a denominação para um valor que represente a quantidade de água que deverá permanecer no rio após uso(s). O principal desafio da gestão de recursos hídricos é estipular este valor, ou seja, determinar um fluxo ecológico ótimo que concilie a demanda de usos: um volume necessário para empreendimentos, e também um volume para manter a integridade do ecossistema do curso d'água [Shil'krot e Yasinskii (2002); Sheng e Chun (2004); Modarres, (2008)].

A preocupação mundial, sobre a escassez e degradação da água doce, induz a considerar a demanda do usuário *ecossistema natural*, sendo vital compreendê-lo e atendê-lo. Assim, a terminologia vazão ecológica, ou vazão ambiental prioriza este usuário [Silva *et al.* (2006)].

No Brasil, procedimentos diferentes são adotados pelos estados, visando alocar as derivações para usos de seus respectivos cursos d'água. Há predominância da utilização de dois métodos hidrológicos, que induzem a vazão remanescente: Vazão mínima de sete dias consecutivos com período de recorrência de dez anos – $Q_{7,10}$, e a Curva de Permanência com porcentagens de 90% e 95% - $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$ [Marques (2006)]. Os órgãos gestores federais e estaduais utilizam uma porcentagem do valor obtido, por estes métodos, como referência na determinação da vazão para a outorga de uso e, conseqüentemente, da vazão remanescente [Farias Jr. (2006)].

Em alguns Estados do Brasil, cujos territórios estão inseridos na Região Hidrográfica Amazônica, não foram identificados critérios, nem recomendações, para a determinação de uma vazão de referência, ou vazão mínima, para usos. A Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas possui poucos estudos sobre a determinação de uma vazão de referência remanescente para uso da água superficial de seus rios. Devido às singularidades desta região, como por exemplo, floresta densa, flora e fauna muito diversificada, além de sua extensão, envolvendo diferentes ecossistemas, percebe-se a importância do conhecimento sobre suas principais características hidrográficas visando usos futuros da água superficial.

A rede hidrométrica brasileira destaca-se pelo monitoramento destinado ao aproveitamento de médios e grandes empreendimentos hídricos. São poucas as bacias hidrográficas com área de drenagem até 1.000 Km², que possuem dados registrados de série histórica de vazões e destinados a usos de pequeno porte [Silveira *et al.* (1995)]. Estas bacias hidrográficas são conhecidas como micro e pequenas bacias. São tributários importantes, pois se localizam nas extremidades de bacias maiores, inclusive abrangendo nascentes. Alterações no uso e ocupação do solo, dentro da área destas bacias, são rapidamente percebidas nos cursos d'água, e vice-versa, induzindo posturas de gestão mais conservadoras, também, quando do uso da água superficial.

Neste cenário, estudar as características hidrológicas (sazonalidade hídrica) em pequenas bacias hidrográficas da Amazônia, visando à gestão das águas superficiais, é importante para o desenvolvimento sustentável regional.

Este trabalho tem como principal objetivo, propor um modelo estatístico, quantitativo, para sub-bacias do Rio Amazonas, a partir da comparação e análise com outros modelos utilizados e divulgados na literatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Bacia Hidrográfica Amazônica Brasileira é constituída pela bacia hidrográfica do Rio Amazonas, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha do Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte [CNRH (2003)], com uma área aproximada de 3.870.000 Km². Abrange sete Unidades da Federação (U.F.), ou seja, os Estados do: Acre (AC); Amazonas (AM); Amapá (AP); Pará (PA); parte de Mato Grosso (MT); Rondônia (RO) e Roraima (RR) (Figura 1).

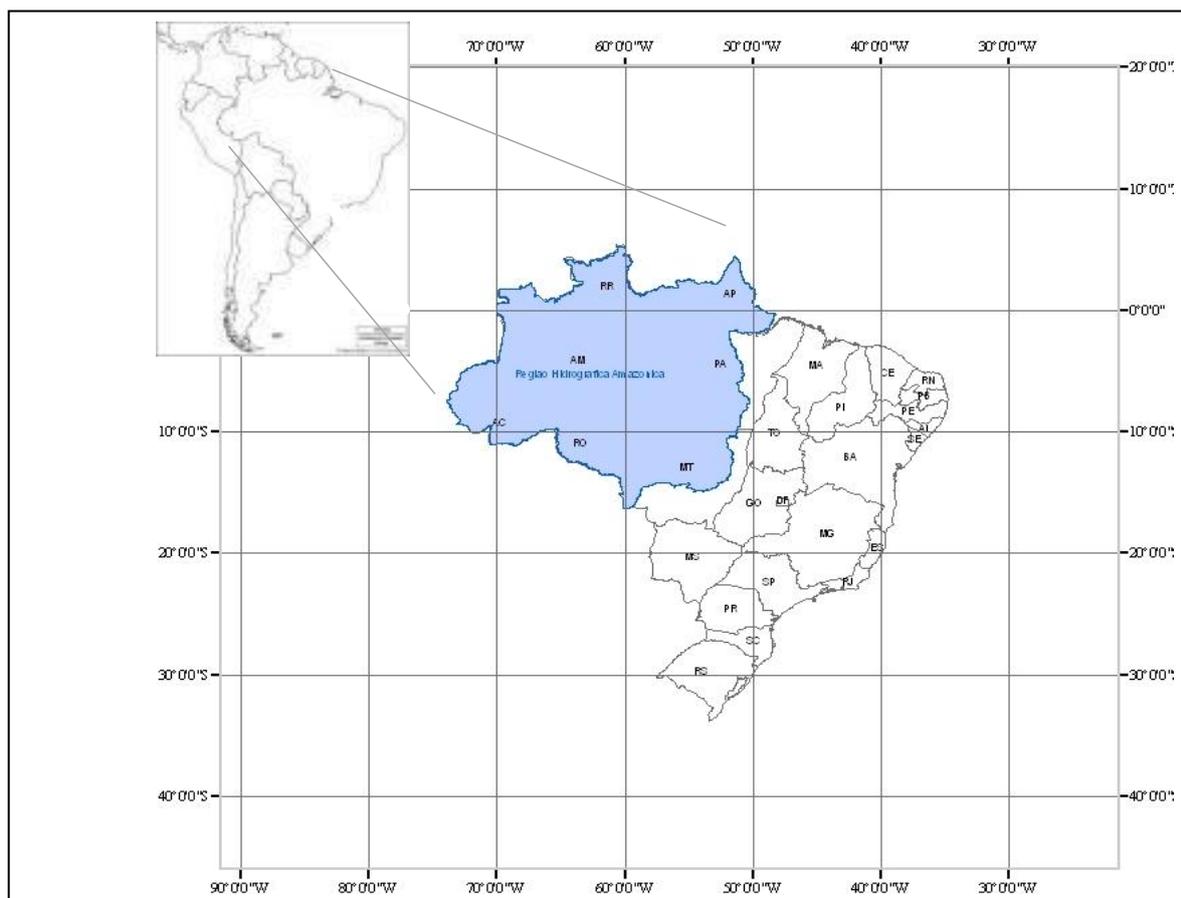


Figura 1 - Bacia Hidrográfica Amazônica e Unidades Federativas Brasileiras

A área de estudo deste trabalho considera as sub-bacias do Rio Amazonas, localizadas em território brasileiro, ora representadas pelos postos fluviométricos do Sistema Nacional de

Informações sobre Recursos Hídricos, cujos dados de série histórica de vazões estão disponíveis através do *site* HidroWeb, da Agência Nacional de Águas (ANA). Nesse caso, houve a seleção dos postos nos Estados do AC, AM, AP, PA, RR, RO e parte do MT, delimitando as sub-bacias do Rio Amazonas, com área de drenagem entre 100 Km² e 1.400 Km², tentando representar bacias de pequena e média dimensões. Os corpos d'água dessas bacias hidrográficas são tributários importantes, pois se localizam nas extremidades de bacias maiores, em áreas mais elevadas e/ou em terreno com declividade acentuada. As características hidrológicas, nestas condições, possuem particularidades como, por exemplo, quanto menor a área da bacia, as variações pluviométricas são rapidamente percebidas, ao longo do tempo, no escoamento superficial [Paiva (2001)]. Ou ainda, qualquer impacto negativo que ocorra na área de drenagem, altera, quase que instantaneamente, toda a hidrologia da região e, conseqüentemente, afeta o seu ecossistema terrestre e aquático.

Neste caso, foram selecionados 23 postos fluviométricos com dados de vazões disponíveis para o estudo, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Identificação e características dos postos fluviométricos selecionados

Código	Nome do posto / U.F.	Município	Rio	Área da bacia (Km²)
12400000	Serra do Moa (AC)	Mâncio Lima	Moa	1.137
14380000	Missão Maturacá (AM)	Sta. Isabel do Rio Negro	Maturacá	726
15660000	Maici-Mirim (AM)	Humaitá	Maici-mirim	850
15042000	R. Preto da Eva (AM)	R. Preto da Eva	Preto da Eva	1.001
19200000	S. Pedro (AP)	Mazagão	Cajari	735
19400000	Acampamento Bacuri (AP)	Macapá	Vila Nova	1.220
30058000	Cooperativa 1. Braço (AP)	Oiapoque	Varador	514
30070000	Cunani (AP)	Calçoene	Cunani	296
17345000	Base do Cachimbo (PA)	Novo Progresso	R. Branco Norte	465
16700000	Tirios (PA)	Óbidos	Cumina-Uiri	819
15470000	Pte. da BR364 (RO)	Candeias do Jamari	Novo	227
15245000	Seringal S. Luiz (RO)	Guajará-Mirim	Pacajás Novo	946
15432000	Mineração Pte. Massangana (RO)	Alto Paraíso	Massangana	1.015
15445000	Pte do R. Preto do Crespo (RO)	R. Crespo	Preto do Crespo	1.130
15590000	Mineração Jacundá (RO)	Itapuã do Oeste	Jacundá	1.155
15431000	Fazenda R. Branco (RO)	Ariquemes	Branco	989
15160000	Cach. Alta Floresta-Mont. (RO)	Alta Floresta D'Oeste	Branco	1.248
15170000	Cachoeira do Cachimbo (RO)	Alta Floresta D'Oeste	Branco	1.419
14485010	Missao Auari-jusante (RR)	Boa Vista	Auari	707
14560000	Maloca Ailan (RR)	Boa Vista	Uailan	1.067
17350000	Cachimbo (MT)	Guaranta do Norte	Braço Sul	1.010
18408900	Passagem da BR 309 (MT)	Paranatinga	Culuene	661
18409000	Passagem da BR 309 (MT)	Paranatinga	Culuene	706

Metodologias para determinação de vazão remanescente

As metodologias existentes para cálculo de vazões remanescentes possuem variadas classificações devido as suas características metodológicas [Acreman (2004); Paulo (2007); Fang (2010)]. Neste estudo, foram utilizados os métodos estatísticos de séries históricas - Métodos Hidrológicos, que presumem a manutenção de uma vazão de referência e, não analisam os aspectos hidráulicos e biológicos. Além disso, os critérios adotados para a outorga de uso de águas superficiais, pelos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos no Brasil, são diferentes. O valor para a outorga é associado a um percentual da vazão calculada através de um determinado método hidrológico, estipulado legalmente [Marques (2006); Farias Jr. (2006)]. Assim, esta vazão de referência representa um valor para a outorga de uso e, conseqüentemente, um valor destinado ao ecossistema aquático, ou seja, a vazão remanescente.

No caso da outorga, há a predominância da utilização de dois métodos hidrológicos: Vazão mínima de sete dias consecutivos com período de recorrência de dez anos – $Q_{7,10}$; e a Curva de Permanência com porcentagens de 90% e 95% - $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$. A Tabela 2 descreve a vazão remanescente identificada, de onze estados brasileiros (Bahia, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, São Paulo e Tocantins); e do Distrito Federal.

Tabela 2 - Vazão remanescente identificada, após atender os critérios para outorga de uso de água superficial, adotado por doze órgãos gestores estaduais de recursos hídricos, no Brasil

Órgão gestor - U.F.	Legislação de outorga	Vazão remanescente
SRH-BA	Decreto Estadual n.º. 6.296/97	20%. $Q_{90\%}$
SRH-CE	Decreto Estadual n.º. 23.067/94	20%. $Q_{90\%}$
DF	Decreto n.º. 21.007/00	20%. $Q_{90\%}$
IGAM-MG	Portaria do IGAM n.º. 010/98 e 007/99	70%. $Q_{7,10}$
AAGISA-PB	Decreto Estadual n.º. 19.260/97	10%. $Q_{90\%}$
SUDERHSA-PR	Decreto Estadual n.º. 4.646/01	50%. $Q_{7,10}$
SERLA-RJ	Portaria SERLA n.º. 273/00	50%. $Q_{7,10}$
SERHID-RN	Decreto Estadual n.º. 13.283/97	20%. $Q_{90\%}$
RS	Decreto Estadual n.º. 6.296/97	20%. $Q_{90\%}$
IEMA-ES	Instrução Normativa 19/2005	50%. $Q_{7,10}$
SP	Lei Estadual n.º. 9.034/94	50%. $Q_{7,10}$
NATURANTINS-TO	Portaria NATURANTINS n.º. 118/02	25%. $Q_{90\%}$

Fonte: Baseado em Ribeiro Junior (2004) e Marques (2006).

A metodologia utilizada para este estudo, sobre vazão remanescente em pequenas e médias bacias do Rio Amazonas, compara os resultados obtidos das seguintes metodologias: após outorga de uso, exemplificado de onze estados brasileiros e do distrito federal (BA, CE, ES, MG, PB, PR, RJ, RN, RS, SP, e DF); do Método de Tennant/Montana [Benetti *et al.* (2003)], ELETROBRÁS (2000); e do método hidrológico proposto: Máximo das mínimas ($q_{\max\min}$).

Os Métodos Hidrológicos utilizados são descritos a seguir:

i. Vazão mínima de sete dias consecutivos com período de recorrência de dez anos – $7Q_{10}$ ou $Q_{7,10}$

A vazão calculada neste método, tem sido utilizada com objetivo de manter os padrões de qualidade da água em cursos d'água que recebam poluentes, sendo que o valor calculado representa o suficiente para a sua depuração [Ames e Asce (2006)]. É um método empírico que utiliza informações de séries históricas de vazões para requerimento de vazões mínimas em rios.

ii. Curva de permanência

O cálculo das frequências é realizado a partir de séries históricas e contribui para a determinação da curva de permanência de vazões, que é uma representação gráfica da vazão em função do tempo. As vazões são organizadas em ordem de magnitude. O gráfico permite visualizar rapidamente a disponibilidade hídrica de um curso d'água, identificada a partir da frequência em que ocorrem determinadas vazões. A permanência é expressa em porcentagem e o intervalo de tempo pode ter base horária, diária, mensal ou anual. Em hidrologia, a curva de permanência é muito usada para ilustrar o padrão de variação de vazões [Naghettini e Pinto (2007)]. Para o período de estiagens, ou seja, vazão mínima, utiliza-se o valor de $Q_{90\%}$ ou $Q_{95\%}$ como vazão de referência na gestão hídrica.

iii. ELETROBRÁS (2000)

Com o foco no aproveitamento do potencial hídrico para a geração de energia elétrica, este método recomenda que a vazão ecológica seja selecionada do menor valor entre dois critérios. Estipula uma porcentagem para valores obtidos nos Métodos da Curva de Permanência e do $Q_{7,10}$, assim, recomenda adotar o menor valor entre 50% de $Q_{95\%}$ e 80% de $Q_{7,10}$.

iv. Método de Tennant/Montana

Este método foi proposto por Tennant em 1976, após observações sobre habitats das regiões de Montana, Nebraska e Wyoming nos Estados Unidos da América, durante 10 anos, e divide o ano hídrico em duas partes: período seco (outubro a março) e período chuvoso (abril a setembro). Baseado no cálculo de vazões médias anuais (VMA), retirada de séries históricas, o autor propôs relacionar as condições dos ecossistemas hídricos em função das estações do ano e, porcentagem da vazão média anual [Benetti *et al.* (2003)], conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Recomendação de vazões para peixes, vida aquática e recreação: Método de Tennant/Montana

Condição do rio	Vazão Recomendada	
	Outubro-Março (seco)	Abril-Setembro (chuvoso)
<i>Flushing</i> ou máxima	200% da vazão média anual	
Faixa ótima	60 a 100% da vazão média anual	
Excepcional	40%	60%
Excelente	30%	50%
Boa	20%	40%
Regular ou em degradação	10%	30%
Má ou mínima	10%	10%
Degradação severa	10% a zero da vazão média anual	

Fonte: BENETTI *et al.* (2003).

Neste estudo, adotou-se a condição *excelente* para o rio, no período da estiagem (seco), ou seja, 30% da vazão média anual (VMA).

v. Método Máximo das mínimas

O método proposto consiste em selecionar o maior valor entre as mínimas vazões anuais registradas, refletindo análise para o período de estiagem; denominado de *máximo das mínimas* ($q_{\max\min}$). Essa proposta busca determinar vazão remanescente com base em vazões máximas de estiagem, procurando deixar uma margem maior de vazão para os usos múltiplos de água. O hidrograma ecológico [Collischonn *et al.*(2004)] destaca a importância de se adotar valores de vazões de referência diferenciados, acompanhando a sazonalidade hídrica do curso d'água analisado. Assim, o método $q_{\max\min}$, considera a estiagem menos rigorosa como a referência limite para usos, contribuindo para estudos hidrológicos de vazões remanescentes neste período.

De forma semelhante, se pode selecionar o menor valor entre as máximas vazões anuais registradas, refletindo o período da cheia e, denominado de *Mínimo das máximas* ($q_{\min\max}$). Este trabalho compara o *máximo das mínimas*, uma vez que os demais métodos consideram a vazão remanescente no período de estiagem.

Os cálculos das vazões a partir dos métodos hidrológicos, bem como os hidrogramas, foram elaborados em planilha eletrônica do Microsoft Excell, utilizando as séries históricas de vazões consistidas de cada posto considerado.

RESULTADOS

As vazões obtidas pelos critérios de outorga dos Estados e, pela ELETROBRÁS demonstram valores pequenos para a manutenção de mananciais, sendo observados valores para vazão remanescente, abaixo de 1,0 m³/s em dezessete postos. Os postos de Cunani (AP), com área de

drenagem de 296 Km², e de São Pedro (AP), com área de drenagem de 735 Km², apresentam resultados mais críticos, sendo identificados valores nulos como vazão remanescente para seus cursos d'água.

As metodologias que demonstram valores mais conservadores para a vazão remanescente são os Métodos: Tennant/Montana - período seco (30% da VMA) e; o Máximo das mínimas. Em Rondônia, prevalece o Método Tennant/Montana - período seco, com o maior valor para vazão remanescente, nos oito postos analisados.

O Método Máximo das mínimas apresenta o maior valor em oito postos fluviométricos, predominando nos Estados do Acre (Serra do Moa), Amazonas (Missão-Maturacá e Rio Preto da Eva), Roraima (Missão Auari jusante) e Pará (Base do Cachimbo e Tirios), e ainda um posto em Mato Grosso (Passagem da BR309) e um posto no Amapá (Acampamento Bacuri). A Figura 2 exemplifica graficamente, através do Hidrograma do Posto Fluviométrico Rio Preto da Eva (AM), o comportamento da vazão abaixo do valor de $q_{\max\min}$.

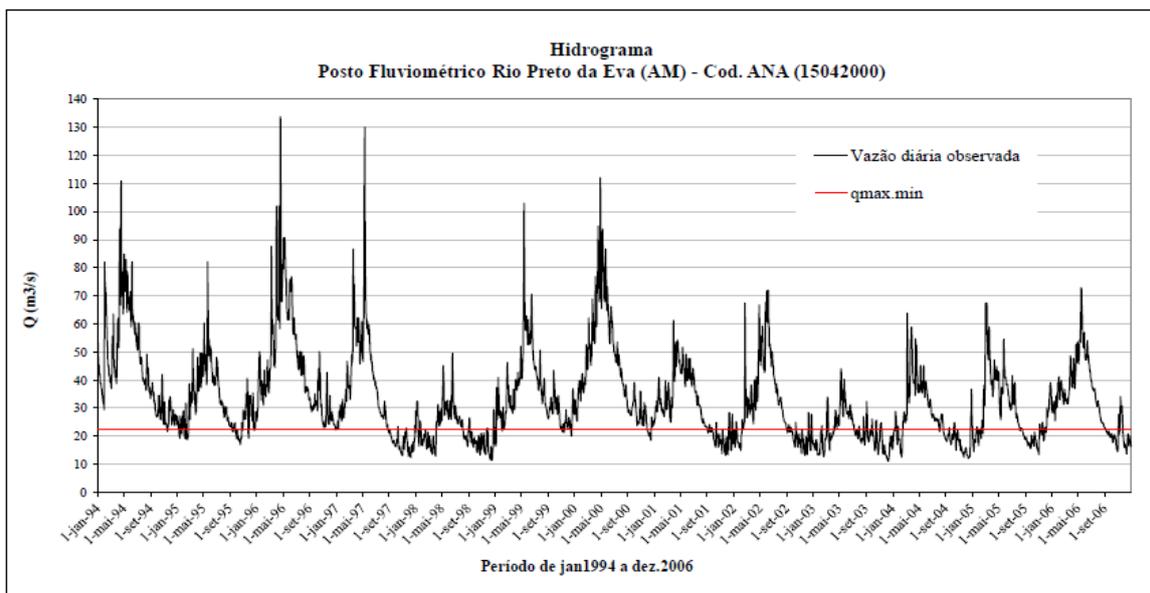


Figura 2 - Hidrograma da Estação Fluviométrica do Rio Preto da Eva (AM), e o valor da vazão obtido pelo Método Máximo das mínimas.

Os valores para as vazões remanescentes, obtidos através das metodologias citadas, estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados obtidos para vazões remanescentes, em cursos d'água de pequenas bacias hidrográficas do Rio Amazonas

i) UF: ACRE (AC)

Posto e Código	Qremanescente após critérios para a outorga por U.F.					Outras Metodologias existentes		Máximo das mínimas
Período de observação:	BA, CE, DF,RN, RS	ES, RJ, SP, PR	MG	PB	TO	Tennant (período seco)	ELETOBRÁS	Q _{maxmin} (m ³ /s)
Mês.Ano	20% Q _{90%} (m ³ /s)	50% Q _{7,10} (m ³ /s)	70% Q _{7,10} (m ³ /s)	10% Q _{90%} (m ³ /s)	25% Q _{90%} (m ³ /s)	30% VMA (m ³ /s)	Menor 50%.Q _{95%} e 80%.Q _{7,10} (m ³ /s)	
Serra do Moa - Cód. ANA 2400000								
						Desvio padrão: 33,21		
05.1973-10.2006	1,70	2,80	3,90	0,90	2,10	9,50	3,50	11,27

ii) UF: AMAZONAS (AM)

Posto e Código	Qremanescente após critérios para a outorga por U.F.					Outras Metodologias existentes		Máximo das mínimas
Período de observação:	BA, CE, DF,RN, RS	ES, RJ, SP, PR	MG	PB	TO	Tennant (período seco)	ELETOBRÁS	Q _{maxmin} (m ³ /s)
Mês.Ano	20% Q _{90%} (m ³ /s)	50% Q _{7,10} (m ³ /s)	70% Q _{7,10} (m ³ /s)	10% Q _{90%} (m ³ /s)	25% Q _{90%} (m ³ /s)	30% VMA (m ³ /s)	Menor 50%.Q _{95%} e 80%.Q _{7,10} (m ³ /s)	
Maici-Mirim - Cód. ANA 15660000								
						Desvio padrão: 38,58		
02.1997-12.2006	0,70	1,40	2,0	0,40	0,90	10,86	1,58	3,68
Missão-Maturacá - Cód. ANA 14380000								
						Desvio padrão: 48,66		
01.200-08.2005	4,60	4,30	6,0	2,30	5,70	21,0	6,80	21,70
Rio Preto da Eva - Cód. ANA 15042000								
						Desvio padrão: 15,55		
01.1994-12.2006	3,50	6,0	8,40	1,8	4,40	10,0	7,70	22,20

iii) UF: AMAPÁ (AP)

Posto e Código	Qremanescente após critérios para a outorga (por U.F.)					Outras Metodologias existentes		Máximo das mínimas
Período de observação:	BA, CE, DF,RN, RS	ES, RJ, SP, PR	MG	PB	TO	Tennant (período seco)	ELETOBRÁS	Q _{maxmin} (m ³ /s)
Mês.Ano	20% Q _{90%} (m ³ /s)	50% Q _{7,10} (m ³ /s)	70% Q _{7,10} (m ³ /s)	10% Q _{90%} (m ³ /s)	25% Q _{90%} (m ³ /s)	30% VMA (m ³ /s)	Menor 50%.Q _{95%} e 80%.Q _{7,10} (m ³ /s)	
Acampamento Bacuri Cód. ANA 19400000								
						Desvio padrão: 22,44		
06.1989-12.1996	2,40	2,1	3,0	1,20	3,0	10,90	3,40	12,2
Cooperativa 1.Braço - Cód. ANA 30058000								
						Desvio padrão: 38,40		
06.1997-12.1995	0,40	0,40	0,60	0,20	0,50	8,40	0,60	1,60
Cunani - Cód. ANA 30070000								
						Desvio padrão: 20,11		
11.1995-12.2005	0,10	0,10	0,10	-	0,10	4,70	0,10	0,46
São Pedro - Cód. ANA 19200000								
						Desvio padrão: 20,47		
05.1997-11.2005	0,10	0,10	0,10	-	0,10	4,50	-	0,30

Tabela 4 - continuação

iv) UF: PARÁ (PA)

Posto e Código	Qremanescente após critérios para a outorga por U.F.					Outras Metodologias existentes		Máximo das mínimas
Período de observação:	BA, CE, DF, RN, RS	ES, RJ, SP, PR	MG	PB	TO	Tennant (período seco)	ELETROBRÁS	$q_{\max\min}$
Mês.Ano	20% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	50% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	70% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	10% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	25% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	30% VMA (m ³ /s)	Menor 50%. $Q_{95\%}$ e 80%. $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	(m ³ /s)
Base do Cachimbo - Cód. ANA 17345000						Desvio padrão: 12,80		
06.1980-12.2005	2,50	4,70	6,60	1,30	3,10	7,10	5,50	14,48
Tirios - Cód. ANA 16700000						Desvio padrão: 18,64		
02.1979-05.2006	0,40	0,40	0,50	0,20	0,60	4,90	0,50	5,10

v) UF: RONDÔNIA (RO)

Posto e Código	Qremanescente após critérios para a outorga por U.F.					Outras Metodologias existentes		Máximo das mínimas
Período de observação:	BA, CE, DF, RN, RS	ES, RJ, SP, PR	MG	PB	TO	Tennant (período seco)	ELETROBRÁS	$q_{\max\min}$
Mês.Ano	20% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	50% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	70% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	10% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	25% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	30% VMA (m ³ /s)	Menor 50%. $Q_{95\%}$ e 80%. $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	(m ³ /s)
Pte. da BR364 - Cód. ANA 15470000						Desvio padrão: 15,83		
06.1992-12.2005	0,30	0,10	0,1	0,1	0,4	3,8	0,20	2,4
Seringal São Luiz - Cód. ANA 15245000						Desvio padrão: 21,47		
04.1973-04.1988	0,7	1,0	1,4	0,4	0,9	8,0	1,5	3,72
Mineração Pte. Massangana - Cód. ANA 15432000						Desvio padrão: 25,25		
07.1980-12.2005	0,4	0,8	1,1	0,2	0,5	7,3	0,6	4,4
Pte. do R. Preto do Crespo - Cód. ANA 15445000						Desvio padrão: 47,55		
04.1997-12.2005	1,4	2,1	2,9	0,7	1,8	11,9	3,1	6,7
Mineração Jacundá - Cód. ANA 15590000						Desvio padrão: 33,46		
03.1983-12.2005	0,4	0,5	0,7	0,2	0,5	9,2	0,8	2,1
Fazenda Rio Branco - Cód. ANA 15431000						Desvio padrão: 24,06		
01.1979-12.2005	0,5	0,8	1,1	0,3	0,7	7,5	1,2	2,9
Cachoeira Alta Floresta - Mont. - Cód. ANA 15160000						Desvio padrão: 19,55		
01.1984-05.1991	0,9	1,2	1,7	0,5	1,2	6,4	1,9	4,6
Cachoeira do Cachimbo - Cód. ANA 15170000						Desvio padrão: 35,93		
06.1988-12.2005	1,2	1,1	1,5	0,6	1,6	9,1	1,7	5,1

vi) UF: RORAIMA (RR)

Posto e Código	Qremanescente após critérios para a outorga por U.F.					Outras Metodologias existentes		Máximo das mínimas
Período de observação:	BA, CE, DF, RN, RS	ES, RJ, SP, PR	MG	PB	TO	Tennant (período seco)	ELETROBRÁS	$q_{\max\min}$
Mês.Ano	20% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	50% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	70% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	10% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	25% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	30% VMA (m ³ /s)	Menor 50%. $Q_{95\%}$ e 80%. $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	(m ³ /s)
Missão Auri jusante - Cód. ANA 14485010						Desvio padrão: 14,90		
05.1995-12.2005	2,6	2,6	3,6	1,3	3,3	9,1	4,1	18,2
Maloca Ailan - Cód. ANA 14560000						Desvio padrão: 34,38		
05.1977-08.1986	0,9	0,6	0,8	0,5	1,2	9,6	0,9	3,3

Tabela 4 - continuação

vii) UF: MATO GROSSO (MT)

Posto e Código	Qremanescente após critérios para a outorga por U.F.					Outras Metodologias existentes		Máximo das mínimas
Período de observação:	BA, CE, DF,RN, RS	ES, RJ, SP, PR	MG	PB	TO	Tennant (período seco)	ELETROBRÁS	$Q_{\max\min}$
Mês.Ano	20% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	50% $Q_{7.10}$ (m ³ /s)	70% $Q_{7.10}$ (m ³ /s)	10% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	25% $Q_{90\%}$ (m ³ /s)	30% VMA (m ³ /s)	Menor 50%. $Q_{95\%}$ e 80%. $Q_{7.10}$ (m ³ /s)	(m ³ /s)
Cachimbo - Cód. ANA 17350000 Desvio padrão: 31,66								
04.1979-12.2001	0,6	0,8	1,1	0,3	0,8	8,8	1,2	3,8
Passagem da BR309 - Cód. ANA 18408900 Desvio padrão: 11,31								
02.1995-08.2003	2,0	4,4	6,1	1,0	2,6	5,9	5,1	12,8
Passagem da BR309 - Cód. ANA 18409000 Desvio padrão: 32,62								
01.1983-03.1989	0,7	0,2	0,2	0,3	0,8	8,4	0,3	4,4

CONCLUSÃO

Não se identificam, na legislação brasileira, critérios diferenciados para a determinação de vazão remanescente, ou vazão de referência, entre pequenas, médias e grandes bacias hidrográficas. Alguns resultados, obtidos pelas metodologias adotadas para a definição de vazão remanescente, foram nulos. Ampliando a análise, a vazão remanescente zero, obtida pelos critérios legalmente estipulados pelo poder público, concede a outorga de uso total das águas de um rio. Assim, se aplicados em pequenas bacias hidrográficas dos rios da Amazônia, os critérios analisados poderiam comprometer a necessária disponibilidade de águas no futuro, invalidar o instrumento de outorga como favorável à gestão sustentável dos recursos hídricos, e também, causar impactos negativos ao bioma amazônico. Desta forma, na gestão de águas superficiais, torna-se importante diferenciar critérios tanto para usos como nas metodologias para obtenção de vazão remanescente, conforme a dimensão da área de drenagem de bacias hidrográficas.

Os resultados numéricos apresentados na Tabela 4, indicam que as metodologias adotadas pelos estados brasileiros favorecem usos antrópicos, pois consideram cálculos que induzem aos mínimos valores de vazões, intensificados ao se associar uma porcentagem, que favorecem na determinação de vazões de referências para outorga. Esta prática induz ao extremo de gerar a vazão remanescente zero, comentado anteriormente.

Uma vez que os métodos utilizados são estatísticos, foram calculados os desvios padrões das séries históricas de vazões. Os desvios padrões variam entre os valores de 11,31 e 48,66, descrevendo as variações dos extremos de cheia e de estiagem das áreas de drenagem observados.

O Método Máximo das mínimas e o Método Tennnat (30% da VMA) revelam os maiores resultados para vazão remanescente, quando comparado aos outros métodos analisados. Para sub-bacias com área de drenagem de até 1.400Km², o Método Tennnat valoriza a manutenção dos

ecossistemas aquáticos. No entanto, são apenas números, que precisam estar associados a outros critérios para a determinação de uma vazão de referência ecológica.

O Método Máximo das mínimas adota o maior valor de vazão registrado do período de estiagem, assim, deixando uma margem de segurança maior no período de menor oferta hídrica. Os valores de vazões $q_{\max\min}$ equivalem, em média, para essa análise, ao valor $Q_{76\%}$ da curva de permanência, permitindo quantificar a disponibilidade hídrica para investimentos/ usos. Este método também recomenda a utilização do hidrograma da série estudada. A observação da vazão remanescente no hidrograma contribui para análise do comportamento hídrico decorrente da adoção daquele valor.

Devido às singularidades da área de drenagem de cada bacia hidrográfica, sugere-se consultar duas ou três metodologias e sobrepor os resultados no seu hidrograma, para a determinação da vazão remanescente adequada ao local, sendo que o Método Máximo das mínimas demonstrou ser uma alternativa para a determinação de vazões remanescentes (ou vazão de referência para outorga) de águas superficiais para pequenas e médias bacias hidrográficas do Rio Amazonas.

AGRADECIMENTOS - A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM pelo apoio financeiro dado a esta pesquisa, através de Bolsa de Estudo; ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia da Universidade Federal do Pará – PRODERNA/ITEC/UFGA; e ao Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – ITEGAM.

BIBLIOGRAFIA

a) Livro

NAGHETTINI, M; PINTO, E. J. de A. (2007). *Hidrologia estatística*. Belo Horizonte, MG, Brasil, CPRM.

PAIVA, J. B.; PAIVA, E. M. C. (Org.) (2001). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. ABRH Porto Alegre-RS.

b) Artigo em revista

ACREMAN, M. & DUNBAR, M. J. (2004). “*Defining environmental river flow requirements – a review*”. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.8, n.5, pp.861-876.

AMES, D.P. & ASCE, M. (2006). “*Estimating 7Q10 Confidence Limits from Data: A Bootstrap Approach*”. *Journal of water resources planning and management*. v.132, n.3, pp.204-208.

BENETTI, A; LANNA, A.; COBALCHINI, M. S. (2003). “*Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH*, v.08, n.2., pp.149-160.

FANG, Y.; WANG, M.; DENG, W.; and XU, K. (2010). “*Exploitation scale of hydropower based on instream flow requirements: A case from southwest China*”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v.14, pp. 2290-2297.

MODARRES, Reza. (2008). “Regional Frequency Distribution Type of Low Flow in North of Iran by L-moments”. Water Resource Management 22, pp. 823–841.

SHENG, Y.; and CHUN, Y. W. (2004). “Scaling of Canadian low flows”. Stoch. Envir. Res. and Risk Ass. v. 18, pp. 291–305.

SHIL’KROT, G. S.; and YASINSKII, S. V. (2002). “Spatial and Temporal Variability of Biogenic Elements Flow and Water Quality in a Small River”. Water Resources, Vol. 29, No. 3, pp. 312–318.

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, P. M.; MELLO, C. R.; PIERANGELI, C. (2006). “Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.2, pp.374-380.

SILVEIRA, G. L.; CRUZ, J.C.; IRION, C. A.; OLIVEIRA, M. G.; TUCCI, C. E.; CLARK, R. T.; CRUZ R. C.; SOUZA, M. A. (1995). “Informações hidrológicas em pequenas bacias hidrográficas rurais”. A água em revista, CPRM, n.11, nov., pp. 31-39.

c) Artigo em anais de congresso ou simpósio / Outros

FARIAS JR., J. E. F. (2006). “Análise de metodologias utilizadas para a determinação da vazão ecológica. Estudo de caso: Rio Coruripe/AL e Rio Solimões/AM”. Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-Graduação de Engenharia/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ELETROBRÁS, Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (2000). *Manual de pequenas Centrais Hidrelétricas*. Ministério das Minas e Energia.

RIBEIRO JUNIOR, L. U. (2004). “Contribuições metodológicas visando a outorga de recursos hídricos para geração hidrelétrica”. Dissertação de M.Sc., Departamento de Energia, Universidade de Itajubá, MG, Brasil.

CNRH, Conselho Nacional de Recursos Hídricos (2003). Brasil. Resolução nº. 32, de 15 de outubro de 2003.

MARQUES, F. A. (2006). “Sistema multi-usuário de gestão de recursos hídricos”. Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/UFV, Viçosa, MG, Brasil.

PAULO, R. B. F. de, (2007). “Ferramentas para a determinação de vazões ecológicas em trechos de vazão reduzida: destaque para aplicação do método do perímetro molhado no caso de Capim Branco I”. Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Escola de Engenharia/UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

COLLISCHONN, W.; AGRA, S.G.; FREITAS, G. K.; e PRIANTE, G. (2004). “Da vazão ecológica ao hidrograma ecológico”. Disponível em <<http://www.ibcperu.org/doc/isis/10222.pdf>>. Consultado em: 07.10.2010.