

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ESTIMATIVA DOS POTENCIAIS HIDRÁULICOS FIXO E MÓVEL: O CASO DA BACIA DO RIO ACARAÚ - CEARÁ

*Renata Mendes Luna¹, Ticiano Marinho de Carvalho Studart¹, José Nilson Bezerra Campos¹
Itabaraci Nazareno Cavalcante², Maria Inês Teixeira Pinheiro³, Andréa Pereira Cysne³*

Resumo – Os Planos de Recursos Hídricos trabalhados no Ceará tem, de modo geral, estabelecido a disponibilidade de água nas bacias apenas em função do volume armazenado nos grandes reservatórios e da vazão média dos poços instalados. No Semi-Árido nordestino, onde a deficiência hídrica é uma realidade, torna-se importante conhecer as reais disponibilidades do sistema para que se possam realizar intervenções de forma eficaz. Este trabalho tem por objetivo demonstrar como realizar a estimativa do Potencial Hidráulico de uma bacia, o qual pode ser dividido em Potencial Móvel e Fixo, este último usualmente não computado nas disponibilidades hídricas de uma bacia. Para tanto, foram calculados os potenciais para a bacia do Acaraú, cujas ordens de grandeza foram comparadas com os valores obtidos pelo Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe – GVJ, para o Jaguaribe, Tunísia e Paris.

Abstract – Water Resources plans in Ceará State have been, over the years, calculating water availability of its basins using only the volume stored in large reservoirs and the average flow of the wells. In Semi-Arid Northeast Brazil, where water stress is a reality, is important to know the real potentialities of the water system so one can intervene effectively. This paper aims to demonstrate the methodology to estimate the hydraulic potential of a basin, which it can be divided into Potential Mobile and Fixed. The last one is not usually computed in the water availability of a basin. It was calculated the hydraulic potential for Acaraú River Basin, and the values were compared with those obtained by the General Base Study of Jaguaribe Valley - GVJ for Jaguaribe, Tunisia and Paris.

Palavras-Chave – Potencial Hidráulico Fixo; Potencial Hidráulico Móvel; disponibilidade hídrica.

INTRODUÇÃO

Uma avaliação correta das reais disponibilidades hídricas de uma bacia é um elemento fundamental para o planejamento deste setor. A oferta de água pode ser tratada tanto sob a ótica das potencialidades hídricas naturais, como das provenientes das interferências antrópicas no sistema.

No Ceará, os seus vários planos de recursos hídricos – Estadual (1992 e 2005) e de Bacias (1999 e 2000) - têm abordado a questão das disponibilidades em termos de águas superficiais armazenadas em reservatórios e de águas subterrâneas (poços). Esta disponibilidade, no entanto, não representa a verdadeira potencialidade hídrica da Bacia, uma vez que despreza parte da água que se encontra retida no solo e que é aproveitada pela agricultura de sequeiro. Em regiões semi-

¹ Professores do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, ² Professor do Departamento Geologia, ³ Doutoranda - Universidade Federal do Ceará. Campus do Pici, Bloco 713. Emails: renata.luna@ufc.br, ticiano@ufc.br, nilson@ufc.br, ita@fortalnet.com.br, inestp@ifce.edu - Fone: 85 3366.9770

áridas, como o Ceará, este potencial é de fundamental importância para a agricultura de subsistência da população difusa, que tem nesta umidade, muitas vezes, a única forma de sobrevivência.

O potencial hídrico (ou hidráulico) de uma bacia é definido como o somatório do Potencial Hidráulico Fixo (ou Localizado) e do Potencial Hidráulico Móvel, correspondendo à quantidade *maximum maximorum* de água que a mesma pode prover. O conhecimento de como as chuvas se dividem entre os potenciais Localizado e Móvel é de grande importância para o entendimento da vulnerabilidade da região e do tipo de seca que pode vir a ocorrer.

A seca *edáfica*, por exemplo, se dá no âmbito do Potencial Hidráulico Fixo, e tem como causas a insuficiência e/ou distribuição irregular das chuvas, podendo ser identificada como uma deficiência da umidade, em termos do sistema radicular das plantas, que resulta em considerável redução da produção agrícola. Esse tipo de seca, associado à agricultura de sequeiro, é a que causa os maiores impactos no Nordeste Semi-Árido. Os efeitos são severas perdas econômicas e grandes transtornos sociais.

Outro tipo de seca, a *hidrológica*, se dá no domínio do Potencial Hidráulico Móvel, sendo caracterizada pela insuficiência de águas nos rios ou reservatórios para atendimento das demandas de águas já estabelecidas na região. Essa seca pode ser causada por uma seqüência de anos com deficiência no escoamento superficial, como também por um mau gerenciamento dos recursos hídricos acumulados nos açudes. O resultado desse tipo de seca é o racionamento (ou mesmo o colapso) de sistemas de abastecimento d'água de cidades ou de áreas irrigadas.

Assim sendo, este artigo tem por objetivo demonstrar a metodologia de cálculo dos Potenciais Hidráulicos Fixo e Móvel e apresentar um exemplo de sua aplicação, na bacia do rio Acaraú, no norte do Estado.

POTENCIAL HIDRÁULICO FIXO E MÓVEL

Supondo a bacia hidrográfica um sistema fechado, alimentado somente por precipitações pluviais, o sistema hídrico dá as seguintes respostas à lâmina precipitada P (Campos, 2009):

- Uma parte (Ev) permanece na superfície em depressões do solo e retidas nas folhas das vegetações; essas águas logo são evaporadas e retornam à atmosfera;
- Uma parte esco superficialmente (Esup) formando os rios e riachos e deixam a bacia na foz do rio principal;
- O restante infiltra-se no solo (I) e divide-se em duas partes:

- As águas retidas nas camadas superiores do solo são consumidas através da evaporação da superfície dos solos, para onde chegam por capilaridade ou, através das plantas, pela sucção do sistema radicular (Et)
- As águas percolam em profundidade alimentando os lençóis freáticos e se deslocam sob a forma de escoamento subterrâneo (Esub).

Sendo assim, o balanço hídrico desta região pode ser representado pela Equação 1:

$$P = E_v + E_{sup} + I \quad (1)$$

Podendo ser reescrita conforme Equação 2:

$$P = (E_v + E_t) + (E_{sup} + E_{sub}) \quad (2)$$

Os dois primeiros termos da equação ($E_v + E_t$) referem-se às águas que se fixam no solo e retornam à atmosfera no mesmo local onde precipitaram, sendo este conjunto denominado Potencial Hidráulico Fixo ou Localizado. Os outros dois termos ($E_{sup} + E_{sub}$) referem-se às águas que se movimentam ao longo da bacia – seja na superfície ou no subsolo. Esta parcela é denominada de Potencial Hidráulico Móvel.

Desta forma, o Potencial Hidráulico Fixo ou Localizado consiste na parte da precipitação pluvial que, contra a ação da gravidade, fica retida nas camadas superficiais do solo, no nível do sistema radicular das culturas, sob a forma de umidade. Esse potencial só pode ser utilizado através do processo de sucção das raízes, vencendo as forças que mantêm as águas nos vazios do solo. Por outro lado, o Potencial Hidráulico Móvel, representa a parte das águas que se movimenta e pode ser utilizada em local distinto de onde precipitaram, desde que haja estrutura hidráulica para movimentá-las (ÁRIDAS, 1995).

AS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

Os volumes hídricos armazenados nos sistemas aquíferos representam as reservas e podem ser avaliadas segundo um ponto de vista natural ou utilitário. Tradicionalmente, estas reservas são classificadas como *renováveis* (dinâmicas ou reguladoras) e *não renováveis* (permanentes ou geológicas), sendo as reservas totais a resultante da somatória das duas.

Reservas Renováveis (Rr)

São representadas pelo volume hídrico armazenado entre os níveis de flutuação máximo e mínimo dos aquíferos livres, que participa do ciclo hidrológico em uma escala de tempo anual, interanual ou sazonal estando, desta forma, em constante movimento. Existem várias maneiras de se realizar o cálculo destas reservas, sendo as mais comuns (CAVALCANTE, 1998):

(1) Cálculo da Vazão de Escoamento Natural (VEN): sob condições de equilíbrio natural representa a recarga anual efetiva do sistema aquífero, expressa por $VEN = T.i.L$, onde T = transmissividade hidráulica (L^2T^{-1}), i = gradiente hidráulico e L = comprimento da frente de escoamento (L). Este método é recomendado e empregado no cálculo das reservas hídricas subterrâneas com a utilização de mapas potenciométricos e testes de bombeamento.

(2) Hidrograma de Escoamento Superficial: os cálculos são realizados a partir das curvas de recessão, no trecho correspondente à restituição do excesso infiltrado no meio poroso. A restituição das reservas hídricas somente inicia-se quando toda a água superficial é escoada, ou seja, no período de estiagem (COSTA, 1997).

(3) Método Volumétrico: tem por base a oscilação (Δh) do nível estático nos aquíferos livres, sendo expressa por $R_r = A. \Delta h. \Delta e$, onde A = área de ocorrência do aquífero (L^2), Δh = variação do nível estático (L) e, η_e = porosidade efetiva (adimensional) para aquíferos livres ou S = Coeficiente de armazenamento para aquíferos confinados a semi-confinados.

O método (3) será o utilizado neste trabalho para a estimativa das reservas renováveis (R_r).

Reservas Permanentes (R_p)

Estas reservas representam o volume de água subterrânea que participa do ciclo hidrológico em uma escala de tempo plurianual, centenária ou milenar, correspondendo aos volumes estocados abaixo do limite inferior de flutuação sazonal do nível de saturação dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados (CAVALCANTE, 1998).

As reservas permanentes são calculadas pelo método volumétrico utilizando-se as seguintes fórmulas: $R_p = A. h_o. \eta_e$, onde A = área de ocorrência do sistema aquífero (L^2), h_o = espessura saturada (L), e η_e = porosidade efetiva (adimensional) no caso de sistema livre. No caso do sistema aquífero confinado, as reservas permanentes são calculadas pela somatória de $R_p = A. h_o. \eta_e$ mais o volume armazenado sob pressão dado pela equação $R_p = A. h_o. S$, onde S = coeficiente de armazenamento.

Recursos explotáveis (R_e) ou Potencialidade Aquífera (P)

Os recursos explotáveis de água subterrânea representam os volumes que podem ser utilizados das reservas naturais, em função das reservas renováveis (reguladoras) ou dos meios técnico-financeiros de que se disponha, ou seja, da variável de decisão que leva em consideração outros objetivos e fatores limitantes, a exemplo da taxa de renovabilidade natural (CAVALCANTE, 1998).

Em princípio, para que não haja comprometimento do aquífero, é recomendável a exploração do volume correspondente à recarga, ou seja, a reserva reguladora do aquífero sem provocar qualquer depleção nas reservas permanentes. Porém, dentro de uma visão sistêmica, o uso depende fundamentalmente do conhecimento técnico das reservas, com monitoramento em tempo real, integrado a evolução da demanda.

COSTA (1997) define recursos exploráveis (reservas exploráveis) como sendo “aqueles que estão disponíveis sem que haja comprometimento do aquífero nem do meio ambiente”, associando-os com as disponibilidades hídricas do sistema aquífero, resultando no dimensionamento da potencialidade aquífera.

Admite, ainda, que sem prejuízo para o aquífero, se possa explorar toda a reserva renovável (Rr) e mais uma parcela da reserva permanente (Rp), que representem no período de 50 anos um valor de 30% das reservas.

Assim, os recursos exploráveis (ou potencialidade aquífera) são definidos pela Equação 3:

$$Re = Rr + (i \cdot Rp) \quad (3)$$

onde Re são os recursos exploráveis (ou potencialidade aquífera); Rr, a Reserva renovável; i, o percentual da reserva permanente a ser utilizado (%) (0,006) e Rp, a Reserva permanente.

METODOLOGIA

Estudos Disponíveis

São quatro os Planos de Recursos Hídricos que potencialmente podem ser utilizados neste trabalho:

- Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH (1992);
- Estudo de Viabilidade do Eixo da Ibiapaba (2000);
- Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH (2005);
- Pacto das Águas (INESP, 2009).

No PERH (1992), a bacia do Acaraú foi estudada como parte de um bloco de seis bacias, (Acaraú, Coreaú, Curu, Litoral, Metropolitanas e Poti). No Estudo de Viabilidade do Eixo da Ibiapaba (2000), a mesma foi analisada juntamente com as bacias Coreaú e Poti. Nos demais estudos esta Bacia foi tratada isoladamente.

Cálculo do Potencial Hidráulico da Bacia (PH)

O Potencial Hidráulico da bacia do Acaraú (PH), supondo-se que toda a água que entra neste sistema fechado provém das precipitações que ocorrem sobre esta área (GVJ, 1967), é dado pela Equação 4.

$$PH = \text{Precipitação Média Anual} \times \text{Área da Bacia} \quad (4)$$

Para a precipitação média anual, foram coletados os dados dos postos pluviométricos existentes na região. Verificou-se a existência de postos operados pela FUNCEME, mas que possuem séries de, no máximo, 35 anos. Optou-se, então, pela utilização dos dados dos postos operados pela SUDENE, por possuírem séries históricas mais longas e, portanto, serem mais representativas. Foram então selecionados, dentre estes, os postos com disponibilidade de dados.

Cálculo do Potencial Hidráulico Móvel da Bacia – Parcela Esup

No que se refere ao escoamento superficial para o cálculo do Potencial Hidráulico Móvel - PHM, foram utilizadas as informações contidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH (1992). Foram verificados os percentuais de área de cada município pertencente à bacia e, a seguir, o deflúvio médio anual correspondente a esta área.

Cálculo do Potencial Hidráulico Móvel da Bacia – Parcela Esub

Para a parcela do PHM correspondente ao escoamento subterrâneo, optou-se por computar as Reservas Renováveis (Rr), uma vez que a utilização destas não compromete a sustentabilidade dos aquíferos. Segundo o PERH (1992), Rr representa somente uma parcela (10 a 25%) do volume hídrico total existente.

Cálculo do Potencial Hidráulico Fixo da Bacia

O Potencial Hidráulico Fixo – PHF, segundo Campos (2009), pode ser dado pela diferença entre o Potencial Hidráulico Total (PH) e o Potencial Hidráulico Móvel (PHM).

RESULTADOS

Cálculo do Potencial Hidráulico Total para a Bacia do Acaraú

Após verificação dos postos pluviométricos a se utilizar, foram traçadas as áreas de influência de cada um deles dentro da bacia do Acaraú, utilizando-se como algoritmo de interpolação o polígono de Thiessen, inserido no software ArcGis (Figura 1). De posse da precipitação média anual de cada um dos postos e das suas áreas de influência (Tabela 1), foi possível estimar a precipitação média de longo tempo, necessária para a determinação do Potencial Hidráulico Total da Bacia.

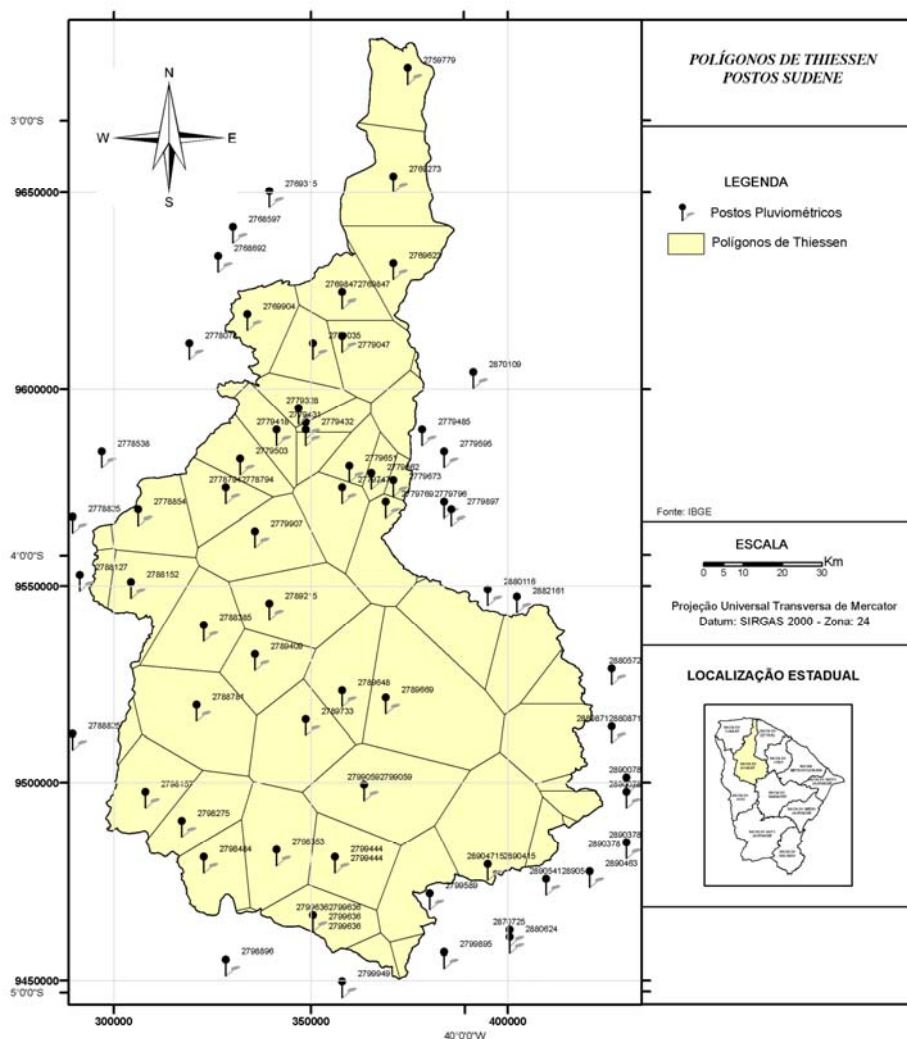


Figura 1. Área de influência dos Polígonos de Thiessen dos Postos Pluviométricos da SUDENE

Tabela 1. Dados dos Postos Pluviométricos e sua respectiva área de influência

CÓDIGO	POSTO	MUNICÍPIO	A_i (km ²)	P_i (mm)
2759779	ACARAÚ	ACARAÚ	297,85	1130,2
2769273	MARCO	MARCO	470,97	1060,8
2769623	MUTAMBEIRAS	SANTANA DO ACARAÚ	348,38	978,4
2769847	SÃO VICENTE (AÇUDE)	SANTANA DO ACARAÚ	270,74	879,1
2769904	MERUOCA	MERUOCA	256,82	1618,0
2769961	SANTANA DO ACARAÚ	SANTANA DO ACARAÚ	192,91	66,6
2778078	VÁRZEA DA VOLTA (AÇUDE)	MORAÚJO	19,89	1049,1
2778794	TAPERA	CARIRÉ	268,12	896,2
2778825	IBIAPINA	IBIAPINA	27,00	1634,8
2778854	MUCAMBO	MUCAMBO	317,08	1053,1
2779035	MASSAPÊ	MASSAPÊ	233,08	752,6
2779047	IPAGUASSU (AÇUDE)	MASSAPÊ	336,79	884,9
2779328	SOBRAL (AÇUDE)	SOBRAL	187,87	838,4
2779418	MOCAMBINHO	SOBRAL	202,33	891,6
2779431	SOBRAL	SOBRAL	96,85	822,5
2779432	SOBRAL	SOBRAL	106,69	822,5
2779485	PATOS (FAZENDA)	SOBRAL	166,41	630,2
2779503	AYRES DE SOUSA (AÇUDE)	SOBRAL	237,74	737,0

2779651	FORQUILHA (AÇUDE)	SOBRAL	141,90	826,4
2779662	CACIMBINHA (FAZENDA)	SOBRAL	83,84	796,4
2779673	AÇUDE (FAZENDA)	SOBRAL	50,73	809,7
2779747	ARREBITE	SOBRAL	293,62	83,7
2779769	POCINHOS (FAZENDA)	SOBRAL	288,16	837,7
2779897	ARACATIAÇU (AÇUDE)	SOBRAL	2,15	643,7
2779907	CARIRÉ	CARIRÉ	435,39	897,5
2788127	SÃO BENEDITO	SÃO BENEDITO	62,81	1910,5
2788152	GRAÇA	SÃO BENEDITO	325,41	1402,5
2788385	RERIUTABA	RERIUTABA	424,68	946,0
2788781	BONITO (AÇUDE)	IPU	641,45	887,0
2788825	CROATÁ	GUARACIABA DO NORTE	49,02	600,1
2789215	MACARAÚ	SANTA QUITÉRIA	515,89	944,8
2789409	ARARAS (AÇUDE)	RERIUTABA	310,99	866,8
2789648	LOGRADOURO	SANTA QUITÉRIA	397,82	786,8
2789669	SANTA QUITÉRIA	SANTA QUITÉRIA	919,92	799,3
2789733	HIDROLÂNDIA	HIDROLÂNDIA	477,76	817,2
2798157	IPUEIRAS	IPUEIRAS	365,46	926,4
2798275	ENG JOÃO TOMÉ	IPUEIRAS	329,12	919,5
2798353	GÁZEA	IPUEIRAS	475,30	917,3
2798484	NOVA RUSSAS	NOVA RUSSAS	285,84	839,1
2798896	SUCESSO	TAMBORIL	3,53	719,1
2799059	CATUNDA	SANTA QUITÉRIA	667,36	734,7
2799444	BOA ESPERANÇA	NOVA RUSSAS	369,33	1184,7
2799589	MONSENHOR TABOSA	MONSENHOR TABOSA	320,06	655,9
2799636	TAMBORIL	TAMBORIL	277,11	685,8
2799895	ESPÍRITO SANTO	MONSENHOR TABOSA	38,95	576,3
2799949	CURATIS	TAMBORIL	60,14	421,5
2870109	MIRAÍMA	ITAPIPOCA	7,61	875,6
2880116	SANTA MARIA (AÇUDE)	SOBRAL	377,05	597,4
2880572	PARAFUSO	CANINDÉ	124,02	708,4
2880871	UBIRACU	CANINDÉ	356,51	876,5
2882161	JUBAIA	MARANGUAPE	326,06	1507,4
2890078	ITATIRA	ITATIRA	105,20	809,0
2890541	UBIRAÇU	BOA VIAGEM	89,12	738,2
2890415	JACAMPARI	BOA VIAGEM	593,92	699,7
ÁREA TOTAL			14.437,84	
$\Sigma(A_i \times P_i) / A_T$			884,5	

Considerando que a precipitação média, pelo Método de Thiessen, é dada pela Equação 3, o total encontrado para a bacia do Acaraú é de 884,5 mm.

$$P = \frac{\sum (P_i * A_i)}{\sum A_i} \quad (3)$$

Assim sendo, o Potencial Hidráulico Total da bacia do Acaraú, seguindo a metodologia descrita, é de 12,8 bilhões de m³. O Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe – GVJ (1967) calculou o PH da bacia do Jaguaribe, e o estimou em 50,4 bilhões de m³. Vê-se coerência entre os resultados, vez que a bacia do Jaguaribe tem área cerca de cinco vezes o tamanho da bacia do Acaraú, e precipitação média um pouco menor, da ordem de 700 mm.

Cálculo do Potencial Hidráulico Móvel para a Bacia do Acaraú – (Esup)

A parcela correspondente ao escoamento superficial do PHM da bacia do Acaraú foi calculada pelo somatório do produto da área de cada município pela lâmina de seu deflúvio superficial, conforme calculado pelo PERH (1992), através de modelo chuva x deflúvio (Tabela 2).

Tabela 2. Dados de escoamento superficial na Bacia do Acaraú

MUNICÍPIO	ÁREA DO MUNICÍPIO NA BACIA (Km)	DEFLÚVIO MÉDIO ANUAL NA BACIA (mm)
Acaraú	234,57	44,28
Alcântaras	27,15	59,80
Bela Cruz	199,38	39,63
Cariré	755,54	186,00
Catunda*	790,60	*84,00
Cruz	43,46	21,37
Forquilha	477,13	149,00
Graça	279,97	234,00
Groaíras	128,92	150,00
Hidrolândia	920,57	135,00
Ibiapina	8,10	6,47
Ipu	568,18	144,55
Ipueiras	457,16	22,66
Marco	281,56	81,18
Massapê	555,90	208,00
Meruoca	124,38	195,35
Mons. Tabosa	121,26	7,73
Morrinhos	217,24	84,80
Mucambo	135,98	167,03
Nova Russas	765,34	127,51
Pacujá	76,71	234,00
Pires Ferreira	239,53	161,00
Reriutaba	387,03	188,00
Santa Quitéria	4.114,86	81,35
Santana do Acaraú	675,58	59,25
Sobral	984,32	55,36
Tamboril	680,32	36,60
Varjota	182,45	155,00

Fonte: INESP, 2009; PERH, 1992 (*) O município de Catunda consta no Atlas como ainda pertencente à Santa Quitéria tendo-se utilizado para ambos o deflúvio apresentado para este último.

Este total escoado superficialmente na bacia foi estimado no presente trabalho como sendo em torno de 2,07 bilhões m³. Comparando-se, novamente, com o estudo realizado pelo GVJ (1967), verifica-se que também existe coerência entre os valores calculados para o Acaraú e os contidos no GVJ (1967), para o Jaguaribe. O valor obtido para o Acaraú (2,07 bilhões m³) é proporcionalmente maior que o do Jaguaribe (3,96 bilhões m³). Isto se dá devido ao fato de, não obstante a área da bacia do Jaguaribe ser cerca de cinco vezes maior que a do Acaraú, a lâmina média escoada no Jaguaribe é de 55mm, enquanto a do Acaraú, segundo o PERH (1992), é quase o dobro (167,8 mm).

Cálculo do Potencial Hidráulico Móvel para a Bacia do Acaraú – (Esub)

Os valores encontrados nas mais variadas fontes de informação sobre reservas subterrâneas são conflitantes, até pela dificuldade de se avaliar com precisão tais recursos. Para melhor entender

a terminologia adotada nos vários planos de recursos hídricos, no que se refere à água subterrânea, há que se consolidar alguns conceitos.

O termo “Disponibilidade Potencial do Aquífero” é sinônimo de “Recursos Explotáveis”; a “Disponibilidade Instalada (Efetiva) dos Poços” corresponde ao volume de água subterrânea que pode ser captado a partir das obras instaladas, adotando-se a vazão máxima permissível de cada poço em regime de bombeamento contínuo; a “Disponibilidade Instalável dos Poços” representa o volume de água subterrânea que poderá ser bombeado pelos poços paralisados, passíveis de entrarem em funcionamento e a “Disponibilidade Operacional de Poços” resulta da soma da Disponibilidade Instalada e Instalável dos Poços, permitindo ao usuário o conhecimento do número de poços passível de explorar água subterrânea, bem como do volume hídrico a ser retirado do aquífero pelos poços existentes.

Segundo o PERH (1992), os recursos explotáveis da bacia são de cerca de 168,7 milhões de m³/ano e a disponibilidade instalada é de 25,5 milhões de m³/ano (54% para o Domínio Cristalino e 46% para o Domínio Sedimentar).

Segundo o estudo “Elaboração do Diagnóstico dos Estudos Básicos e dos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba” (COGERH, 2000), a disponibilidade instalada na Bacia do Acaraú, para um tempo de bombeamento de 8h/dia, é de 16,47 milhões de m³/ano. Deste total, 7,13 milhões de m³/ano para o Domínio Poroso e de 9,34 milhões de m³/ano para o Domínio Cristalino.

Para a potencialidade aquífera da bacia – que representa no presente trabalho o termo Esub – serão adotados os valores indicados pelo PERH (1992), pela ausência de outro estudo com maior nível de detalhe.

Assim sendo, a parcela correspondente ao escoamento subterrâneo do PHM da bacia do Acaraú, calculada no PERH (1992) como Reservas Explotáveis do Acaraú, se situa em torno de 0,169 bilhões m³. Confrontou-se tais valores com os encontrados para o Jaguaribe, pelo GVJ (1967), os quais ficaram em torno de 0,1 bilhões m³. Verifica-se, portanto, que os valores do Acaraú estão relativamente altos. No entanto, devido à escassez de estudos sobre as águas subterrâneas para esta bacia, o PERH (1992) ainda é a fonte de dados mais confiáveis disponível.

Cálculo do Potencial Hidráulico Fixo para a Bacia do Acaraú

Seguindo metodologia descrita pelo GVJ (1967) e de posse dos dados sobre Potencial Hidráulico Total (P) e Potencial Hidráulico Móvel (PHM), foi possível calcular o Potencial Hidráulico Fixo da bacia, pela diferença (Equação 4). Desta forma tem-se que:

$$PHF = P - PHM = 12,6 - (2,07 + 0,169) = 10,4 \text{ bilhões de m}^3 \quad (4)$$

Ou seja, o PHM e PHF representam, respectivamente, 17,4% e 82% das potencialidades totais da bacia.

O GVJ (1967) traz alguns valores destes potenciais para a Tunísia e para região parisiense. A Tunísia tem uma área de cerca de 155.000 km², correspondendo a quase 10 vezes a área da bacia do Acaraú, com áreas semi-áridas ao sul, que se fundem ao Deserto do Saara. Ao norte, corre o único rio perene do país, o Medjerda. Para a Tunísia, o potencial total é da ordem de 30 bilhões de m³, distribuídos percentualmente em 8% para o PHM e 92% para o PHF, algo semelhante ao encontrado para a Bacia do Acaraú.

Já para a região parisiense (Paris tem praticamente a mesma área da bacia do Acaraú porém com características hidroclimatológicas distintas), o potencial total de 25 bilhões de m³ é percentualmente bem distribuído entre fixo e móvel – 53,3% para o PHM e 46,7% para o PHF.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nos diversos Planos de Recursos Hídricos do Ceará – Estaduais e de Bacias – o Potencial Hidráulico Móvel tem sido correntemente adotado para geração das informações de disponibilidade; o mesmo não ocorrendo para Potencial Fixo; este, nunca abordado. Apesar de não ser uma metodologia nova – já se encontrava no estudo realizado pelo GVJ (1967) e no Áridas (1995) – esta tentativa de estimativa da umidade retida no solo constitui um avanço.

Embora as estimativas aqui encontradas possam não retratar fielmente a realidade hídrica da bacia, conseguem dar uma idéia, pelo menos inicial, da magnitude deste potencial hidráulico, que pode representar mais de 80% das disponibilidades hídricas, devendo, portanto, ser melhor estudado e quantificado.

BIBLIOGRAFIA

ÁRIDAS. Vulnerabilidade do Semi-Árido Às Secas, sob o Ponto de Vista dos Recursos Hídricos. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coodenação da Presidência da República. 52p. 1995

CAMPOS, J.N.B. *Lições em modelos e simulação hidrológica*. ASTEF, Fortaleza, 2009

CAVALCANTE, I.N. – 1998 – A gestão integrada dos recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutorado. IG-USP. São Paulo – SP. 150p.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. *Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH)*. Fortaleza, SRH, 1992.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. *Elaboração do Diagnóstico, dos Estudos Básicos e dos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba*. Fortaleza, SRH/COGERH, 2000.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos. *Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLANERH)*. Fortaleza, SRH, 2005.

COSTA, W.D. – 1997 – *Uso e gestão de água subterrânea*. In: FEITOSA, F.A.C. & MANUEL FILHO, J. (1997) – *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM. Cap. 14. p. 341 – 365.

INESP – INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ – 2009 – *Caderno Regional para a Bacia do Acaraú. Volume 1. Pacto das Águas* – Compromisso Socioambiental Compartilhado. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará – Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos (Orgs). Fortaleza – Ceará. 127p.

SUDENE. Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe (GVJ). Hidrologia. Recife: SUDENE ASMIC. 1967. 309p.