

## HIDROGRAFIA E HIDROGEOLOGIA: QUALIDADE E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO NA BACIA COSTEIRA DO RIO SERGIPE.

Hélio Mário de Araújo, Prof. Dr. Do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Sergipe - [heliomarioaraujo@yahoo.com.br](mailto:heliomarioaraujo@yahoo.com.br); Givaldo dos Santos Bezerra, Graduando em Geografia da Universidade Federal de Sergipe - [gbezerrase@hotmail.com](mailto:gbezerrase@hotmail.com) e Acássia Cristina Souza, Prof<sup>a</sup> Assistente do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Sergipe – [acs@ufs.br](mailto:acs@ufs.br).

**ABSTRACT** - In the context of hydrographic condition of the State, the basin of Sergipe River is to be presented with greater diversity in relation to the use, often conflicting between supplying and irrigation, and with regard to aspects of physiographic order, which have ultimately affected a quantitative and qualitative spatial variation of water availability. The present study aimed at, among other aspects, locating the State Program of Support for Participatory Management of Water Resources (surface and underground) at the current law; it was also found various forms of water usage in the basin. In order to achieve these objectives, it was used different procedures relating to the bibliographic, mapping and field surveys. Among other results, it was observed in the basin that there are forms of water usage associated with the consumptives and non-consumptives types presenting variation from the human supplying up to the animal drinking, irrigation, industrial, agriculture, navigation, fishing and recreation. The system of water distribution in the basin has an installed capacity of 180.272m<sup>3</sup>/day, equivalent to 2.09 m<sup>3</sup>/s, with an estimated demand for year 2020 around 439,623 m<sup>3</sup>/day (5.09 m<sup>3</sup>/s) from which about 66.5% will be needed to human supplying.

**KEY WORDS:** Hidrography; Hidrogeology; Human Supplying.

**Eixo temático (3)** Gestão de bacias hidrográficas e a dinâmica hidrológica

### 1. INTRODUÇÃO

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal (SANTOS, 2004). Estudos que visem oferecer subsídios ao planejamento de ações que tenham por objetivo a promoção do desenvolvimento regional sustentável, necessariamente devem levar em consideração a questão dos recursos hídricos e, assim, são indispensáveis as pesquisas que tenham por base analisar as bacias hidrográficas como unidade de estudo, uma vez que a bacia se constitui numa unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração, como da funcionalidade dos seus componentes.

Esse enfoque, que ganha corpo no mundo inteiro, torna-se cada vez mais importante e deverá ser considerado imprescindível para embasar qualquer tipo de ação no início deste século XXI, quando a grande luta por territórios e mercados terá como componentes determinantes o domínio e a disponibilidade de recursos naturais dentre os quais a água ocupará lugar de destaque.

No contexto hidrográfico do Estado, a bacia do rio Sergipe é a que se apresenta com maior diversidade em relação aos usos, geralmente conflitantes, entre a irrigação e o abastecimento, e bem assim no que se refere aos aspectos de ordem fisiográficas, que acabam muitas vezes, por condicionar uma variação espacial quantitativa e qualitativa da disponibilidade hídrica.

Nos termos estabelecidos pela SRH/MMA (2000), os usos da água podem ser classificados nos

tipos consuntivos e não-consuntivos. O uso consuntivo refere-se a parte de água derivada para uso que é consumida, como sempre ocorre com a parcela evaporada e as perdas nos sistemas de condução e distribuição. Assim, o limite superior de uso consuntivo no âmbito de uma bacia hidrográfica denomina-se de “Suprimento Básico Primário”, que nada mais é do que a quantidade de água que pode ser consumida no estágio atual de desenvolvimento dos recursos hídricos. O uso não-consuntivo, por sua vez, não implica redução da disponibilidade quantitativa e/ou qualitativa de águas de corpos hídricos, podendo haver modificação no seu padrão espacial e temporal. Neste caso, incluem navegação, recreação, mineração, amenidades ambientais, manutenção de ecossistemas, diluição de resíduos, piscicultura, controle de cheias, entre outros.

Estudos realizados pela JICA (Agência de Cooperação Internacional do Japão) em 2000 comprovam existir na bacia as formas de uso da água associadas aos tipos consuntivos e não-consuntivos apresentando variação desde o abastecimento humano, até a dessedentação animal, irrigação, industrial, agricultura, navegação, piscicultura e recreação. Comparativamente, ao verificar a demanda de água em milhares de metros cúbicos por dia, concluiu para os anos 2000 e 2020, respectivamente os seguintes resultados: 164,5 e 412,5 destinados ao setor industrial, 144,3 e 223,5 para o abastecimento humano, 30,0 e 125,0 para irrigação e em menor quantidade 3,3 e 4,1 para Dessedentação animal.

Atualmente o sistema de distribuição de água na bacia possui capacidade instalada de  $180.272\text{m}^3/\text{dia}$ , correspondente a  $2,09\text{m}^3/\text{s}$ , com estimativa para o ano 2020 numa demanda de aproximadamente  $439.623\text{m}^3/\text{dia}$  ( $5,09\text{ m}^3/\text{s}$ ), dos quais cerca de 66,5% serão necessários ao abastecimento humano, sem contar que, no momento 70% das águas utilizadas do setor industrial do Estado, a sua maior parte é consumida nos municípios costeiros de Aracaju (maior pólo econômico), Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão.

## **2. MATERIAL E MÉTODO**

Para o alcance dos objetivos propostos na pesquisa, utilizou-se distintos procedimentos associados aos levantamentos bibliográficos, cartográficos e de campo.

As informações de hidrogeologia baseou-se numa rede de poços cadastrados pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) e Departamento de Recursos Hídricos de Sergipe (DEHIDRO), além das informações sobre recursos hídricos superficiais e subterrâneos existentes no diagnóstico dos municípios da Bacia Costeira (Projeto Cadastro da Infra-estrutura Hídrica do Nordeste) numa parceria entre o Governo Federal (CPRM) e Estadual (SEPLANTEC e SRH) e bem assim, do estudo sobre desenvolvimento de recursos hídricos no Estado de Sergipe (Relatório Final) SEPLANTEC/JICA.

Os dados concernentes a salinidade e poluição hídrica foram obtidos através de diversos estudos e relatórios técnicos de diferentes instituições, tais como: Universidade Federal de Sergipe, Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA), Departamento de Recursos Hídricos de Sergipe (DEHIDRO), Conselho de Desenvolvimento Econômico de Sergipe (CONDESE) e Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe (ITPS).

A elaboração das cartas temáticas de hidrografia e hidrogeologia baseou-se em técnicas da cartografia digital com a utilização da ferramenta computadorizada. A carta base que ensejou a elaboração desses produtos cartográficos foi extraída do atlas digital sobre recursos hídricos de Sergipe, a qual sofreu alguns ajustes na delimitação da área da bacia.

Na fase de trabalho de campo para estudo dos aspectos fisiográficos fluviais, fez-se várias observações *in loco*, utilizando-se como instrumentos de apoio o GPS, a caderneta de campo e a câmera fotográfica digital, a qual serviu de base para registrar o perfil longitudinal dos principais canais fluviais da bacia costeira.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Na faixa homogênea do semi-úmido que margeia o litoral atlântico (ROCHA, 2001), a grande demanda de água para abastecimento humano, devido a presença da capital do Estado, exige a transposição de recursos hídricos de boa qualidade provenientes de outras bacias hidrográficas, especialmente dos rios São Francisco através de sua adutora com capacidade superior a  $12.000\text{m}^3/\text{dia}$ , que também visa abastecer as fábricas de amônia e uréia e a usina de beneficiamento de potássio, e Vaza Barris. Localmente, são utilizados outros mananciais superficiais (rios Poxim, Pitanga e Jacarecica com volume de produção em torno de  $1.062.874\text{m}^3/\text{mês}$ , equivalente a 51,77%, e subterrâneos (sistema aquífero da Terra Dura e cárstico da região do Ibura) com produção estimada em  $989.966\text{m}^3/\text{mês}$  representando 48,22% para complementação do abastecimento da Grande Aracaju e outras sedes municipais, sendo subsidiadas ainda pelos aquíferos Quaternário, Sapucari, Maruim e rio Jacarecica que abastece particularmente o município de Riachuelo (Quadro 01).

Quadro 01 - Sistemas Públicos de Abastecimento da Bacia Costeira do rio Sergipe.

| SISTEMAS                 | VOL. PRODUZIDO<br>M <sup>3</sup> /MÊS | MANANCIAL            |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Aracaju                  | 648.000                               | Rio Poxim            |
| Aracaju                  | 362.000                               | Rio Pitanga          |
| Aracaju                  | 663.000                               | Aqüífero Cárstico    |
| Barra dos Coqueiros      | 120.137                               | Aqüífero Quaternário |
| Laranjeiras              | 60.480                                | Aqüífero Sapucarí    |
| Maruim                   | 74.093                                | Aqüífero Maruim      |
| Nossa Senhora do Socorro | 18.951                                | Aqüífero Sapucarí    |
| Riachuelo                | 52.874                                | Rio Jacarecica       |
| Santo Amaro das Brotas   | 53.305                                | Aqüífero Sapucari    |
| <b>TOTAL</b>             | <b>2.052.840</b>                      | <b>---</b>           |
| Águas superficiais       | 1.062.874                             | 51,77%               |
| Águas subterrâneas       | 989.966                               | 48,22%               |

Fonte: SEPLANTEC, 2003.

Na opinião de Rocha (2001) a super exploração de aquíferos, principalmente o Cárstico para a complementação no abastecimento de Aracaju e sistemas granulares, a exemplo do que supre o município de Barra dos Coqueiros, pode ocasionar a penetração da cunha salina e comprometer esses mananciais (Quadro 02).

O rio Sergipe, principal curso da Bacia Costeira, nasce numa altitude média de 280 metros na localidade Lagoa das Areias (em Cipó de Leite) no município de Pedro Alexandre, Estado da Bahia onde percorre 51km, atravessa a fronteira com o estado de Sergipe, e em seguida constitui limite municipal entre Carira e Nossa Senhora da Glória. Percorre no total 210km de extensão, até o oceano atlântico, onde desemboca em forma de estuário, entre os municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros. Dados da SEPLANTEC/SRH (2002) revelam que esse rio apresenta uma declividade média de 1,35m/km, no trecho entre a nascente e a cidade de Riachuelo, declinando para 0,67m/km entre esta cidade e a sua foz, segmento no qual acha-se bastante espreado, com forte intrusão da cunha salina.

Em seu curso superior a bacia hidrográfica é constituída por terrenos do embasamento cristalino. As precipitações alcançam totais anuais em torno de 663mm, e ocasionalmente 847mm, coincidindo, segundo a classificação de Thornthwaite, com a região de clima megatérmico semi-árido (DA'a'), onde a semi-aridez já se evidencia nos reduzidos ou nulos excedentes hídricos de inverno. A irregularidade das precipitações e a reduzida capacidade de retenção de águas pluviais, em terrenos cristalinos, trazem reflexo no escoamento superficial, apresentando um escoamento predominantemente temporário (SOUZA, 2006).

Quadro 02 - Síntese das principais características e alternativas para o abastecimento humano na faixa homogênea do Semi-Úmido.

| CARACTERÍSTICAS                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ALTERNATIVAS                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Clima (Precipitação)                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Precipitação média anual superior a 1.200mm.</li> <li>▪ Planície costeira e relevos dissecados em colinas, tabuleiro costeiro.</li> <li>▪ Rochas sedimentares e sedimentos recentes, com destaque para a cobertura detrítica terciária do Grupo Barreiras.</li> <li>▪ Solos profundos, com espessuras geralmente superiores a 1,5m, exceto na região de ocorrência de rochas calcárias.</li> <li>▪ Rios e riachos com a bacia de drenagem dentro desta faixa e da faixa de transição com baixo risco de salinização, com exceção de incursões da cunha salina.</li> <li>▪ Valores de Q90 superiores a 200 l/s.</li> <li>▪ STD normalmente abaixo de 500 mg/l, exceto em áreas de ocorrência de rochas calcárias e com influência marinha ou de rios salinos.</li> <li>▪ Elevado potencial de águas subterrâneas com vazões específicas acima de 500 l/h/m, podendo atingir valores superiores a 4.000 l/h/m.</li> </ul> | Formas de Abastecimento Humano         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abastecimento da Grande Aracaju, com águas transpostas de outras bacias (São Francisco e Vaza Barris).</li> <li>▪ Utilização de mananciais superficiais e subterrâneos para a complementação do abastecimento da Grande Aracaju e demais sedes municipais.</li> </ul>                                                                                                                                                 |
| Relevo                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Dificuldades para Abastecimento Humano | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poluição das águas superficiais e subterrâneas.</li> <li>▪ Superexploração de aquíferos, especialmente o cárstico para abastecimento da Grande Aracaju e granulares para atender a demanda de Barra dos Coqueiros, com elevado risco de intrusão da cunha salina.</li> </ul>                                                                                                                                          |
| Geologia                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Considerações                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recuperação e proteção dos mananciais superficiais (principalmente na sub-bacia do rio Poxim) e subterrâneos.</li> <li>▪ Estudo de aquíferos granulares alternativos próximo a Aracaju.</li> <li>▪ Monitoramento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.</li> <li>▪ Maior controle de perdas no sistema de distribuição.</li> <li>▪ Implantação de um sistema continuado de educação ambiental.</li> </ul> |
| Solos                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Recursos Hídricos Superficiais (qualidade)      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Recursos Hídricos Superficiais (quantidade Q90) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Recursos Hídricos Subterrâneos (Qualidade)      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Recursos Hídricos Subterrâneos (quantidade)     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Fonte: In Rocha, 2001.

Organização: Hélio Mário de Araújo, 2007.

Situação diferenciada percebe-se no médio curso, quando os afluentes apresentam, de modo geral, caráter de perenidade, atestado pela maior abundância e regularidades das chuvas, decorrente dos climas Megatérmicos Subúmidos Seco ( $C_1A'a'$ ) e Subúmidos ( $D_1A''a''$ ) e condicionamento litológico (embasamento cristalino e bacia sedimentar).

No curso inferior, trecho que corresponde a Bacia Costeira (Figuras 01 e 02), apresenta-se interposto entre as estruturas sedimentares das formações Riachuelo, Cotinguiba, Calumbi e Grupo Barreiras, e os depósitos quaternários recentes. Em superfície, destacam-se os rios Poxim, Cotinguiba e Sal, como principais mananciais da margem direita, e pela margem esquerda os rios Ganhamoroba, Parnamirim e Pomonga. A baixa densidade de drenagem nesse setor reflete aos controles exercidos pelo clima, vegetação e litologia, principalmente, caracterizada pelo domínio de camadas permeáveis. As precipitações por serem mais abundantes, típicas dos climas Megatérmicos Subúmido Úmido ( $C_2A'a'$ ) e Subúmido ( $C_1A'a'$ ) neste caso, estariam compensadas pela relativa permeabilidade e baixa topografia do relevo.

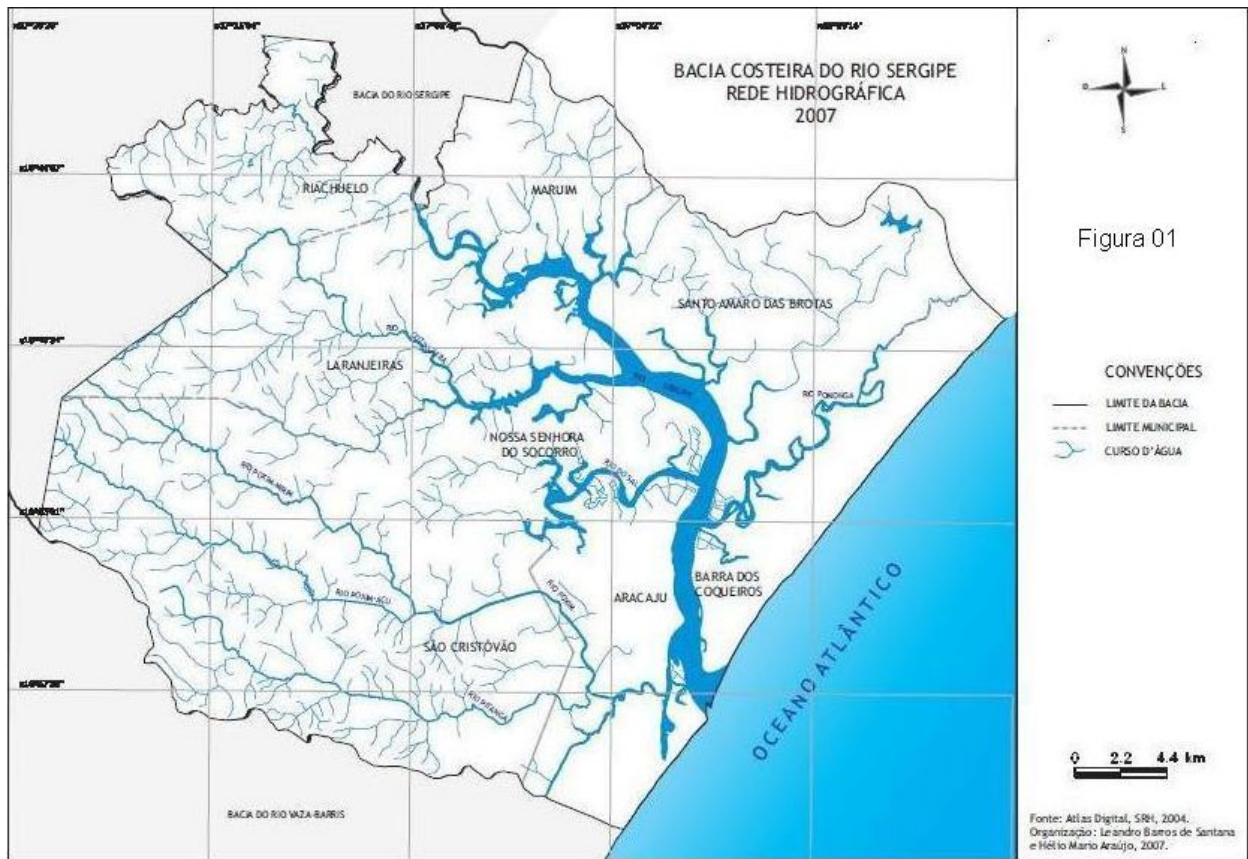


Figura 02 – Rio Sergipe nas proximidades do município de Riachuelo/SE. Créditos: Hélio Mário e Wellington Villar, 2007.

Além do importante papel econômico desempenhado pelo rio Sergipe, ao longo do seu percurso, a drenagem principal nos municípios da Bacia Costeira, assim se distribui:

- Barra dos Coqueiros: rio Pomonga;
- Laranjeiras: rio Cotinguiba; e os riachos Tramanday e Madre de Deus; Buti e Sem-Dengue;
- Maruim: rio Ganhamoroba;
- Nossa Senhora do Socorro: rios Cotinguiba e Sal;
- Riachuelo: rio Dandra ou Vermelho;
- Santo Amaro das Brotas: rios Parnamirim e Limoeiro; e
- São Cristóvão: rios Poxim, Pitanga; Poxim Açu e Poxim Mirim, exceto os que integram a bacia do rio Vaza Barris.

A enumeração desses principais cursos fluviais, no âmbito dos municípios, implica em caracterizar geograficamente alguns deles, preferencialmente seguindo a seqüência anteriormente estabelecida.

Inicialmente tem-se o rio Pomonga que drena terras do município de Barra dos Coqueiros, possui 34km de extensão e é perene em todo seu curso. Apresenta tipologia meandrante, e através do canal do Pomonga une a bacia costeira do rio Sergipe à bacia hidrográfica do rio Japarutuba. O seu leito acha-se litologicamente constituído de areia, seixos, argila e cascalhos, e exhibe principalmente a jusante pequenas ilhas e desenvolvimentos de bancos arenosos como reflexo da baixa capacidade das águas neste setor. Ao exercer seu trabalho durante o percurso, transporta sedimentos em rolamento e material fino em suspensão, muitas vezes provenientes das vertentes por conta do escoamento superficial no período chuvoso.

A rede de drenagem que forma a microbacia do rio Pomonga compõe-se de canais meandricos de curtas extensões, onde sobressaem os subafluentes Adicurí, Benta, Guedes, Capoã e inúmeros canais de maré que alimentam as margens que os acompanham. Destaca-se nessa rede o rio Mangaba, embora registre-se a presença dos riachos Pontal e Guaxinim, os quais desembocam no rio Sergipe.

De suma importância no contexto da Bacia Costeira é o rio Cotinguiba, curso principal da bacia que lhe empresta nome. É de pequena extensão, com cerca de 50km e, se constitui num dos mais importantes afluentes da margem direita do rio Sergipe. Nasce no município sergipano de Laranjeiras e depois de percorrer trechos do clima semi-úmido e úmido, abrangendo áreas recobertas de sedimentos do Grupo Barreiras, despeja suas águas no leito do rio Sergipe em forma de estuário. O referido rio, portanto, apresenta vale normal, um pouco encaixado entre as formações de relevos colinosos da região (Figura 03).

De acordo com a classificação proposta por George H. Dury para a tipologia dos canais fluviais, verifica-se que o rio Cotinguiba meandra desde sua cabeceira até a foz, cuja tipologia,



justifica-se também, pelo fato de o canal apresentar índice superior a 1.04, relação estabelecida entre o seu comprimento e o comprimento do eixo.



Figura 03 - Vale do rio Cotinguiba no município de Laranjeiras. Credits: Helio Mário e Wellington Villar, 2007.

Os estudos mostram que rios de todos os tamanhos e em todas as altitudes podem formar meandros, desde que uma condição básica seja encontrada: a presença de camadas sedimentares de granulação móvel, que estejam coerentes, firmes e não soltas. Essa condição encontra-se na área da bacia, fato que justifica a diversificação de canais sinuosos na área, além do curso principal. Neste sentido, a existência desses meandros na bacia não se constitui em meros caprichos da natureza, mas a forma pela qual tais rios efetuam o seu trabalho (erosão, transporte e deposição) através da “Lei do menor esforço”, e por isso, representam os seus equilíbrios em estado de estabilidade, denunciando o ajustamento entre todas as variáveis hidrológicas, inclusive a carga detrítica e a litologia por onde correm os cursos d’água.

No canal fluvial do rio Cotinguiba, de montante para jusante, há um aumento do débito, da largura, da profundidade do canal, da velocidade média das águas e do raio hidráulico. Em contrapartida há uma diminuição do tamanho dos sedimentos, da competência à resistência ao fluxo e da declividade.

Em conseqüência do comportamento e da ajustagem dessas variáveis, o perfil longitudinal do rio Cotinguiba surge como resposta ao controle exercido por esses fatores. Em vez de representar fator controlante, como no contexto da teoria davisiana, passa a ser considerado como variável controlada e



dependente.

A dinâmica do escoamento fluvial na bacia aponta para o rio Cotinguiba, a preponderância de alteração da força de fricção sobre a gravidade, sendo neste caso, a resistência, exercida pelo leito e margens do rio. O tipo de fluxo predominante assemelha-se ao turbulento, caracterizado por apresentar movimentos caóticos, heterogêneos, com várias correntes secundárias contrárias ao fluxo principal para jusante. E, considerando algumas das suas características, associa-se, dentro da categoria do corrente, cujo tipo de fluxo é mais comum encontrar-se em cursos fluviais.

Ao longo do perfil transversal do rio Cotinguiba, a velocidade e turbulência das águas são também variáveis, definindo locais preferenciais de erosão e deposição das partículas transportadas. Em leitos assimétricos (como os encontrados na área) de padronagens meandricos, a zona de máxima velocidade e turbulência, localiza-se nas proximidades das margens côncavas, decrescendo de valor em direção à margem de menor profundidade (convexa).

De acordo com o escoamento global, o rio Cotinguiba possui drenagem do tipo exorréica, tendo em vista, as águas escoarem de modo contínuo para o rio Sergipe, que por sua vez chegam até o mar. Quanto ao fornecimento de água, em decorrência das boas condições pluviométricas local, tem-se um rio permanente sempre apresentando água em seu leito, muitas vezes alimentado por um fluxo mais ou menos estável do lençol subterrâneo. O leito menor desse rio apresenta-se bem delimitado, encaixado entre margens bem definidas, e o leito maior tem sua existência condicionada a periodicidade das cheias, por conta do período estacional das chuvas.

Utilizando-se o critério geométrico da disposição espacial do rio Cotinguiba e seus afluentes, sem qualquer conotação genética, identifica-se como predominante na área, o padrão de drenagem do tipo dendrítica, também designada por alguns estudiosos como arborescente, visto assemelhar-se à configuração de uma árvore.

Fazendo uso dessa imagem, a corrente principal (o rio Cotinguiba) corresponde ao tronco de uma árvore, os seus tributários maiores aos ramos e os afluentes de menores extensões (aos raminhos e folhas). Enfatiza Christofolletti (1980) que da mesma maneira como nas árvores, os ramos formados pelas correntes tributárias distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno e se unem formando ângulos agudos de graduações variadas, mas sem chegar nunca ao ângulo reto. Esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou sem estruturas sedimentares horizontais.

De menor magnitude e extensão, tem-se o rio do Sal (Figura 04), drenando terras do município de Nossa Senhora do Socorro e margeando bairros da “periferia desestruturada” (VILAR, 2002) de Aracaju, localizados na zona norte da cidade, a exemplo do Bugio, Soledade, Lamarão e Porto Dantas. Este rio separa o município de Aracaju do município de Nossa Senhora do Socorro onde nasce nas imediações da BR 101/205, e serve de limite sul a este município. Devido à sua salinidade, não se

constitui um manancial de água doce, funcionando apenas como um canal de penetração das águas de marés.

A calha desse rio, nos trechos médio e baixo, exhibe uma tipologia determinada, principalmente, pela variabilidade das marés cuja influência se estende a cerca de 15km ao longo do seu curso, a partir do ponto de sua desembocadura no rio Sergipe, onde drena uma área de aproximadamente 62,58km<sup>2</sup>.



Figura 04 – Rio do Sal nas imediações da ponte que dá acesso ao Conjunto João Alves Filho em Nossa Senhora do Socorro/SE. Créditos: Helio Mário e Wellington Villar, 2007.

O talvegue principal do rio do Sal desenvolve-se seguindo a direção oeste-leste numa extensão total de cerca de 20,5 quilômetros, desde sua cabeceira até o ponto de desembocadura no rio Sergipe. Apresenta uma declividade bastante heterogênea, com média aproximada de 0,44%, variando de montante para jusante.

Atualmente, suas descargas naturais estão fortemente influenciadas pela ocupação desordenada de sua microbacia ao longo dos anos. Os dados levantados pela Geo Consultoria e Serviços em 2001, demonstram que a parcela de urbanização chega a ordem de 38% da área total da microbacia, traduzindo-se numa elevação significativa no escoamento das águas superficiais, e como consequência uma elevação no pico das cheias.

No tocante à qualidade físico-química da água, analisada pelo ITPS (Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe), verifica-se que os índices de coliformes fecais entre 24.000 e 160.000 (NMP/100ml) desqualificam o rio do Sal para recreação e pesca. É muito alto o grau de poluição

decorrente do lançamento de efluentes industriais e residenciais ao longo do seu curso. Esse alto índice de coliformes fecais encontrados aponta a probabilidade de ocorrência de bactérias patogênicas de origem intestinal.

O rio do Sal, da sua nascente até a confluência com o rio Sergipe (trecho 36), enquadra-se na classe 5, condição atual: classe 6. A maioria dos pontos localizados neste trecho foi enquadrada como salina, onde as características naturais (clima e solo) não permitem a alteração dessa condição de salinidade, já que este trecho está igualmente inserido em zona estuarina.

O rio Poxim, curso principal da sub-bacia, drena uma área de 381,5km<sup>2</sup> e abrange parte dos municípios costeiros de São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro e Aracaju, além de outros municípios fora dos limites da Bacia Costeira.

Recebe águas dos rios Poxim Açú, Poxim Mirim e Pitanga, sendo os dois primeiros seus principais sub-afluentes, com nascentes a oeste nas proximidades da Serra Comprida no município de Areia Branca. A microbacia do rio Poxim Açú drena uma área em torno de 124km<sup>2</sup>, e a do rio Poxim Mirim abrange uma área de 70,5km<sup>2</sup>, o equivalente a 18,4% da bacia do rio Poxim e 1,9% da bacia hidrográfica do rio Sergipe. De acordo com o enquadramento dos corpos de água efetuado com base na Resolução CONAMA n.º 20/86 a água desses rios na maioria dos pontos considerados, trecho 29: todo o rio Poxim Mirim, até a sua confluência com o rio Poxim Açú e trecho 30: o rio Poxim Açú até a foz foi enquadrada como doce e as características naturais (clima e solo) permitem o enquadramento na classe 1, controlando-se os lançamentos de esgotos das comunidades existentes, identificadas nas campanhas de amostragem e considerando que este trecho é usado para diversos fins pela população. A água é de múltiplos usos (dessedentação de animais, irrigação, abastecimento público) e tem como condição de referência a classe 1 e atual a classe 4.

De acordo com Silva et al. (2004), o rio Poxim contribui com 30% para o suprimento de água do município de Aracaju, embora no passado já tenha respondido por quase 70%. Sua captação localiza-se na zona oeste, divisa com o município de São Cristóvão. Segundo Hidroesb (1976) para possibilitar a captação de água, a DESO construiu um vertedor de concreto cortando o rio Poxim, visando impedir a propagação da salinidade, por conta do efeito das marés através da desembocadura e ao mesmo tempo garantir a acumulação de água no maciço poroso aluvionar a montante da tomada d'água. Do local de intervenção, 6km a montante, existe a confluência dos rios Poxim Açú e Poxim Mirim, ocupando uma área de terras baixas correspondente a 14% da área total da bacia.

O sistema Poxim foi projetado pelo engenheiro Saturnino de Brito e inaugurado em 1958, quando tornou-se o principal abastecedor de água de Aracaju. Sofreu modificações em 1968 e 1979, e atualmente produz 648.000m<sup>3</sup>/mês e 380l/s para atender a uma demanda populacional cada vez mais crescente.

O rio Pitanga, afluente do rio Poxim (pela margem direita), nasce a 98 metros de altitude em

terras pertencentes ao município de São Cristóvão e segue a direção oeste-leste, percorrendo 20km da nascente até a foz, no rio Poxim, onde deságua. O seu débito estima-se em  $0,092\text{m}^3/\text{s}$ , constituindo-se na mais importante artéria fluvial no lugar onde é represado. Das suas águas são coletadas freqüentes amostras para verificação e controle de qualidade. Nos idos da década de setenta, este rio, com pouca mineralização, baixa turbidez e sem a presença de hidróxidos e carbonatos, já indicava uma boa potabilidade de suas águas para o consumo humano (OLIVEIRA, 1982). Em decorrência da boa qualidade da água deste manancial, projetou-se a sua captação visando abastecer uma parcela da população do município de Aracaju.

No tocante a qualidade da água desses mananciais, Daltro e Santos (2002), fizeram uma avaliação da qualidade da água do rio Poxim, no entorno de captação da DESO, na região da Grande Aracaju, envolvendo as localidades Parque dos Faróis (Nossa Senhora do Socorro), Tijuquinha, Rosa Elze e Eduardo Gomes (São Cristóvão). O estudo de monitoramento na área, realizou-se através do levantamento de parâmetros físico-químicos e colimétricos em quatro estações de amostragem, avaliados de acordo com a Resolução n.º 20/86 CONAMA e analisados em dois momentos diferenciados (período de estiagem e chuvoso) segundo o standard methods. Os resultados a que chegaram foram preocupantes se considerarmos que é essa água a que supre parte da demanda populacional de Aracaju e seu entorno. Neste sentido, afirmaram que:

- A infra-estrutura de saneamento nas comunidades do entorno é extremamente precária. Esta ausência assegura a poluição difusa e pontual em alguns locais, mais particularmente nas conurbações (favelas) e nos criatórios de bois e de suínos;
- A ação antrópica a que está subordinada a área, torna a água susceptível a agravos, tanto de carga orgânica como de nutrientes e patógenos. Como resultado dessa situação nota-se a elevada incidência de esquistossomose e o estágio pré-eutrófico, vez que é exagerado o crescimento de vegetais, como baronesa (jacinto aquático) e junco. Consoante o que preconiza a Resolução supra-mencionada, o rio Poxim, apresenta os quatro tipos de classes, mas com predomínio das classes 2 e 4;
- Há necessidade de intervenção imediata na área, através da implantação do sistema de esgoto em todos os núcleos habitacionais (Tijuquinha, Parque dos Faróis, Rosa Elze e Eduardo Gomes) e nos criatórios de animais, a fim de tornar aquela água natural adequada ao tratamento convencional utilizado pela DESO e segura para o consumo humano e a outros usos.

A qualidade da água do rio Sergipe, apesar de atualmente encontrar-se com um nível elevado de poluição hídrica, principalmente no seu baixo curso, apresenta uma grande variação no conteúdo de

sais, que diminui sua concentração de montante para jusante, em consequência do aporte de águas com baixo teor de salinidade provenientes das regiões situadas no trecho inferior da bacia, formadas por rochas sedimentares e nas quais a incidência de chuvas é maior. Estes dois fatores possibilitam uma boa recarga, circulação e elevada renovação das águas subterrâneas que alimentam os afluentes e proporcionam a esse rio um regime permanente.

Uma leitura minuciosa da minuta de Relatório Final elaborado pela SEPLANTEC/SRH (2003) sobre o enquadramento dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Sergipe com base na resolução CONAMA n.º 20/86, evidencia que os resultados de nitrogênio total, nitrato, nitrito e amônia mostraram-se consistentes com o lançamento de esgoto bruto. No trecho do estuário registrou-se pH em torno de 8,0, condutância específica  $> 20.000\mu\text{s}$  e salinidade de 30‰. A análise bacteriológica foi positiva para coliforme fecais. Embora o tempo de sobrevivência da *Escherichia coli* na água salina seja menor que na água doce, e considerando-se que a multiplicação desta bactéria em sistemas aquáticos parece ser rara, sua presença testemunha a poluição fecal recente. Nessa direção, vale ressaltar que a determinação dos coliformes fecais assume vital importância enquanto parâmetro indicador da possibilidade de existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de circulação hídrica, pois entre as doenças associadas aos patógenos humanos presentes no esgoto doméstico, tem-se a febre tifóide, gastroenterites, cólera, leptospirose, hepatites infecciosas, diarreias, entre outras.

O uso da água subterrânea na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe foi alvo de um detalhado levantamento executado pela SEPLANTEC/SRH e COHIDRO. Na Bacia Costeira predominam os sistemas granular e cárstico (rochas calcárias) e devido a uma maior alimentação e movimentação das águas subterrâneas armazenadas, apresentam uma boa qualidade físico-química para abastecimento humano. Destaca-se uma maior dureza (teor de cálcio e magnésio na água) dos recursos hídricos subterrâneos presentes nos calcários (Figura 05).

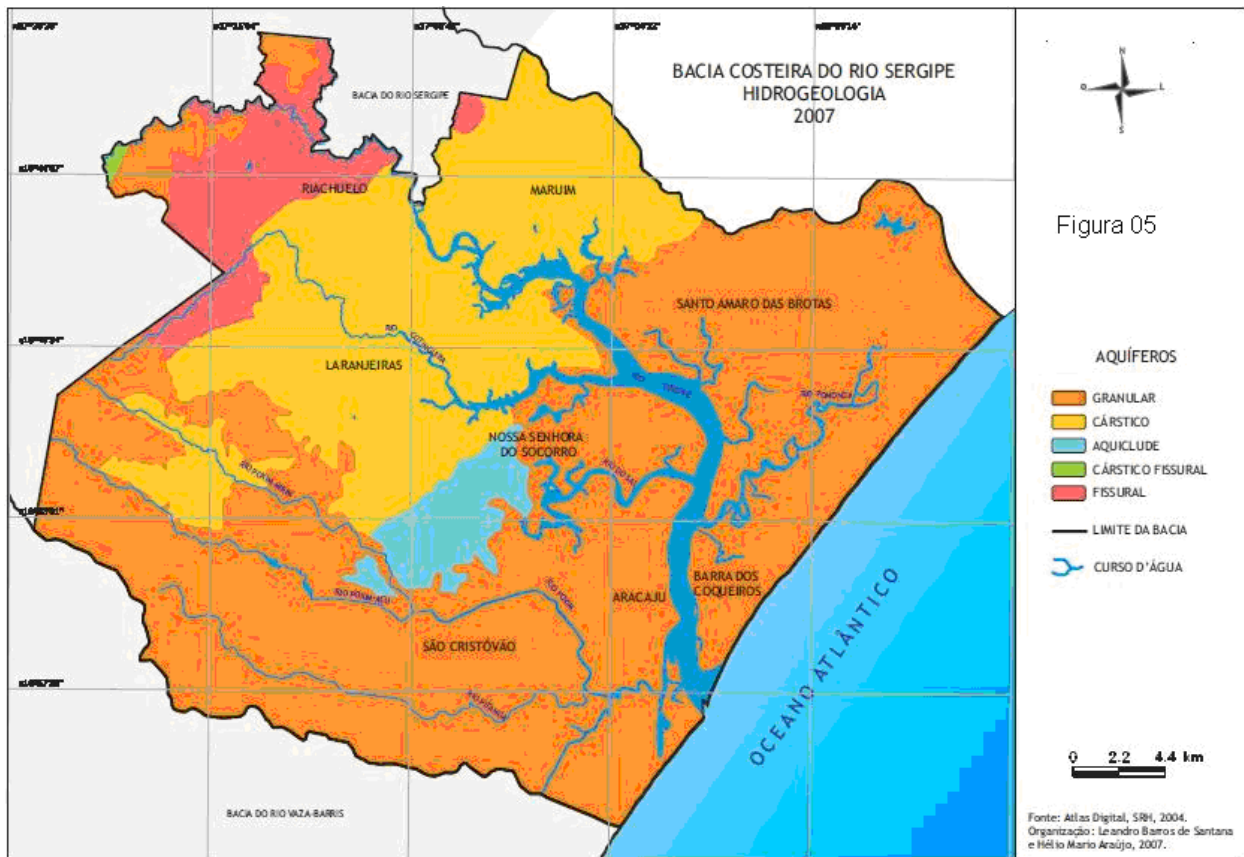
Nos municípios da Bacia Costeira distingue-se para sua maioria dois domínios hidrogeológicos: Bacias Sedimentares e Formações Superficiais Cenozóicas, exceção apenas para os municípios de Barra dos Coqueiros e Aracaju, que possuem aquíferos restritos ao segundo domínio.

As Bacias Sedimentares constituídas por rochas sedimentares bem diversificadas, representam os mais importantes reservatórios de água subterrânea, formando o aquífero do tipo granular. Têm alto potencial, em decorrência da grande espessura de sedimentos e da alta permeabilidade de suas litologias, que permite a exploração de vazões significativas.

Face às características físicas de porosidade, permeabilidade, sistema de deposição, entre outros, tornam-se, por vezes, áreas potenciais ao acúmulo de água subterrânea em níveis relativamente pouco profundos. São conhecidas como áreas hidrogeológicas com potencial explorável “muito elevado” e “elevado”, para execução de poços com profundidades em torno de 100 metros.



As Formações Superficiais Cenozóicas, constituídas por pacotes de rochas sedimentares que recobrem as rochas mais antigas, têm um comportamento de aquífero granular. Possui porosidade primária e nos terrenos arenosos apresentam uma elevada permeabilidade, o que lhes confere, no geral, excelentes condições de armazenamento e fornecimento de água.



Esse domínio caracteriza-se ainda pelo fato de apresentar potencial explorável considerado de “elevado” a “médio”, com uma largura média de 1.000 metros, da linha da praia, para o interior, compreendendo os depósitos arenosos de praia, os depósitos areno-argilosos do Grupo Barreiras e alguns níveis calcários da Formação Cotinguiba.

Obtém-se geralmente vazões em poços tubulares com cerca de 20.000 a 30.000 litros/h. Nesta classificação, estariam incluídos partes dos municípios de Aracaju, Barra dos Coqueiros, Santo Amaro das Brotas, Nossa Senhora do Socorro, Riachuelo, entre outros. Na Bacia Costeira, excetuando-se as águas subterrâneas de regiões calcárias, que apresentam normalmente dureza superior ao limite de potabilidade, os demais aquíferos conhecidos até o momento, são de qualidade satisfatória para utilização sem qualquer processo de tratamento.

Do ponto de vista qualitativo, considerou-se para classificação das águas, os seguintes intervalos de STD (Sólidos Totais Dissolvidos): 0 a 500mg/l (água doce); 501 a 1.500mg/l (água salobra) e > 1.501mg/l (água salgada). Conforme se constata, a tabela 01 apresenta a classificação das

águas dos poços tubulares por município da Bacia Costeira, considerando as situações em operação, não instalados e paralisados. Os dados mostram que no conjunto dos poços tubulares em operação, há predominância de água doce e água salobra. O município de São Cristóvão com 110 poços supera sobre os demais, seguido dos municípios de Nossa Senhora do Socorro (20 poços) e Maruim (18 poços). Já o município de Laranjeiras destaca-se pela quantidade de poços de água salobra (16) e salgada (2). No grupo dos poços passíveis de entrar em funcionamento (paralisados, mas não instalados), 30 poços foram amostrados, sendo a água de 24 deles classificada como doce, 5 como salobra e 1 como salgada. O destaque especial restringe-se aos municípios de São Cristóvão com 10 poços de água doce e Barra dos Coqueiros com 4 poços.

Tabela 01 - Bacia Costeira do Rio Sergipe – Qualidade das águas subterrâneas nos aquíferos granulares – 2002.

| MUNICÍPIOS          | Em operação |         |         | Não instalados |         |         | paralisados |         |         |
|---------------------|-------------|---------|---------|----------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
|                     | Doce        | Salobra | Salgada | Doce           | Salobra | Salgada | Doce        | Salobra | Salgada |
| Barra dos Coqueiros | 7           | ---     | ---     | 4              | ---     | ---     | ---         | ---     | ---     |
| Laranjeiras         | 8           | 16      | 2       | ---            | 1       | ---     | ---         | ---     | ---     |
| Maruim              | 18          | 8       | 1       | ---            | ---     | ---     | ---         | ---     | ---     |
| N. Sr.ª do Socorro  | 20          | 6       | 1       | 1              | ---     | ---     | 1           | 3       | ---     |
| Riachuelo           | ---         | 3       | ---     | 1              | ---     | ---     | ---         | ---     | ---     |
| S. Amaro das Brotas | 9           | 3       | ---     | 2              | ---     | ---     | 2           | ---     | ---     |
| São Cristóvão       | 110         | 3       | ---     | 10             | ---     | 1       | 3           | 1       | ---     |
| Bacia Costeira      | 172         | 39      | 4       | 18             | 1       | 1       | 6           | 4       | ---     |

Fonte: CPRM, SEPLANTEC/SRH, 2002.

Organização: Hélio Mário de Araújo, 2007.

Quanto à propriedade do terreno onde se encontram os poços tubulares no cômputo dos municípios prevalecem os particulares sobre o público nas situações abandonado, em operação, não instalados e paralisado. Do total de 257 poços em operação, 203 são particulares e 54 públicos. Entre os particulares vê-se que o município de São Cristóvão com 103 mantém a liderança, seguido pelos municípios de Laranjeiras (22); Maruim (19); Barra dos Coqueiros (17); Nossa Senhora do Socorro (15); Santo Amaro das Brotas (14) e Riachuelo (3). Os paralisados particulares sobrepõem o público em todos os municípios. Os abandonados particulares representam 23 em São Cristóvão, 12 em Nossa Senhora do Socorro e 11 em Laranjeiras. Enquanto Barra dos Coqueiros e Riachuelo possuem apenas 1 poço particular não instalado, em São Cristóvão localizam-se 24 e 8 em Laranjeiras (Tabela 02).

Tabela 02 -. Bacia Costeira do Rio Sergipe – Situação dos Poços Cadastrados, 2002.

| MUNICÍPIOS                     | Abandonado |            | Em operação |            | Não instalado |            | Paralisado |            |
|--------------------------------|------------|------------|-------------|------------|---------------|------------|------------|------------|
|                                | Público    | Particular | Público     | Particular | Público       | Particular | Público    | Particular |
| Barra dos Coqueiros            | --         | --         | 3           | 17         | 3             | 1          | --         | --         |
| Laranjeiras                    | --         | 11         | 7           | 22         | 1             | 8          | 1          | 4          |
| Maruim                         | 2          | 2          | 14          | 19         | --            | --         | 3          | --         |
| N. Sr. <sup>a</sup> do Socorro | 10         | 12         | 13          | 15         | 4             | 2          | 3          | 5          |
| Riachuelo                      | --         | 1          | --          | 3          | --            | 1          | --         | --         |
| S. Amaro das Brotas            | 2          | 5          | 3           | 14         | 1             | 2          | 2          | 4          |
| São Cristóvão                  | 6          | 23         | 14          | 103        | 6             | 24         | 4          | 17         |
| <b>Bacia Costeira</b>          | <b>20</b>  | <b>54</b>  | <b>54</b>   | <b>203</b> | <b>15</b>     | <b>38</b>  | <b>13</b>  | <b>30</b>  |

Fonte: CPRM, SEPLANTEC/SRH, 2002.

Organização: Hélio Mário de Araújo, 2007.

Por fim, levando-se em conta os percentuais de poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento com predomínio dos poços públicos sobre os particulares (tabela 03), pode-se prever um aumento da oferta de água nos municípios, com ações de recuperação.

Tabela 03 - Bacia Costeira do Rio Sergipe – Situação dos Poços Tubulares em percentagem por município, 2002.

| MUNICÍPIOS                     | Em operação (%) |              | Paralisados (%) |              |                            |              |
|--------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|----------------------------|--------------|
|                                | Públicos        | Particulares | Definitivamente |              | Passíveis de funcionamento |              |
|                                |                 |              | Públicos        | Particulares | Públicos                   | Particulares |
| Barra dos Coqueiros            | 50              | 94           | --              | --           | 50                         | 6            |
| Laranjeiras                    | 78              | 49           | --              | 24           | 22                         | 27           |
| Maruim                         | 73              | 90           | 11              | 10           | 16                         | --           |
| N. Sr. <sup>a</sup> do Socorro | 44              | 44           | 33              | 35           | 23                         | 21           |
| Riachuelo                      | --              | 60           | --              | 20           | --                         | 20           |
| S. Amaro das Brotas            | 37              | 56           | 25              | 20           | 38                         | 24           |
| São Cristóvão                  | 47              | 61           | 20              | 14           | 33                         | 25           |

Fonte: CPRM, SEPLANTEC/SRH, 2002.

Organização: Hélio Mário de Araújo, 2007.

#### 4. CONCLUSÕES

Sob o ponto de vista da disponibilidade de água, a atual situação além de complexa, mostra-se preocupante, uma vez que o desmatamento em alto grau, associado a degradação do solo, provoca irregularidade nos abastecimentos das sedes municipais e comunidades rurais. Esse comportamento, deve-se a uma cadeia de eventos ensejada pelo escoamento superficial, pelo assoreamento das correntes de água superficiais e pela diminuição dos registros subterrâneos que, nas épocas de estiagem, respondem pela perenização dos cursos d'água através da descarga de base.

Aliado a esses, outros problemas de menor magnitude também se evidenciam merecendo do setor público maior fiscalização e controle, são eles: exploração de areia das margens e calhas dos rios, pesca e caça predatória, enchentes e desperdício de água. Dessa forma, para uma efetiva gestão ambiental e dos recursos hídricos alguns entraves devem ser superados, a exemplo das doenças de veiculação hídrica, poluição do ar, planejamento na exploração das águas subterrâneas, falta de integração entre os órgãos públicos e a sociedade, bem como a ausência de educação ambiental.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1980, 188 p

HIDROESB. Laboratório Hidrotérmico Saturnino de Brito S.A. **Estudo da bacia hidrográfica do rio Poxim**. Rio de Janeiro: DESO, 1976.

OLIVEIRA, W. M. C. **Povoado Cabrita: um estudo preliminar**. São Cristóvão, monografia (Bacharelado em geografia), DGE/UFS, 1982.

ROCHA, J. C. S. **Faixas homogêneas para o planejamento dos recursos hídricos voltado ao abastecimento humano na bacia hidrográfica do rio Sergipe**. Monografia de especialização. São Cristóvão, UFS, 2001.

SANTOS, Rosely F. **Planejamento Ambiental: Teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SILVA, A. S. et al. Índice de sustentabilidade ambiental do uso da água: municípios da região do entorno do rio Poxim/SE. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Jaguariúna, Embrapa, Meio Ambiente, 2004, 46 p.

SOUZA, A. C. Aracaju no contexto ambiental da Bacia Costeira do rio Sergipe. In: H. M. ARAÚJO, et al. (Orgs.). **O Ambiente Urbano: visões geográficas de Aracaju**. Aracaju: Editora UFS, 2006. p.266-284

VILAR, J. W. C. Os espaços diferenciados da cidade de Aracaju: uma proposta de classificação. **Revista de Aracaju**, Aracaju, ano LIX, n. 9, p. 87-99, 2002.