

## Sustentabilidade hídrica da Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande, RJ

Cristiane Nunes Francisco<sup>1</sup>

Cesar Augusto Valdeger de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense - Instituto de Geociências

Departamento de Análise Geoambiental

Campus da Praia Vermelha - 24.210-340 – Niterói – RJ – Brasil

[crisnf@vm.uff.br](mailto:crisnf@vm.uff.br)

**Abstract.** The objective of this paper is to evaluate water sustainability of Hydrographic Region of Ilha Grande Bay (RHBIG) by quoting four indicators: (1) water availability, calculated by hydrologic regionalization; (2) water demand, estimated by demographic and social-economic data; (3) water quality, defined by association between efficient levels of sewage treatment to eliminate BOD, and limits of classes of water bodies concerning their uses, according to the Brazilian law; and, (4) the limits of urban area expansion, evaluated by demographic density and the interpretation of pertinent laws. Applying Geographical Information System, these indicators, expressed as number of inhabitants, were spatially represented and used to classify the hydrographic regions. The result can be applied to model water and land use scenarios, helping the decision making in processes like the water use grant and the water resources management.

**Palavras-chave:** small watersheds, water sustainability indicators, geographic information systems, pequenas bacias hidrográficas, indicadores de sustentabilidade hídrica, sistemas de informação geográfica.

### 1. Introdução

A disponibilidade hídrica de 2,2 mil m<sup>3</sup>/hab.ano do estado do Rio de Janeiro corresponde somente ao dobro da quantidade mínima considerada razoável pela ONU. A demanda hídrica representa 70% da disponibilidade e é agravada pela poluição do rio Paraíba do Sul. Alternativamente, o abastecimento por pequenas bacias hidrográficas, com água abundante, de excelente qualidade, relevo escarpado e significativa cobertura vegetal, apresenta vantagens comparativas com rebatimentos ambientais e econômico-sociais. Entretanto, os pequenos e médios municípios do litoral e da região serrana fluminenses, com marcada vocação turística, estão em expansão urbana acelerada, aumentando a pressão sobre as pequenas bacias hidrográficas.

O objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade hídrica da faixa continental da Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande (RHBIG), RJ, abastecida por pequenas bacias hidrográficas, considerando o balanço entre disponibilidade e demanda hídrica, a dinâmica demográfica e o arcabouço legal pertinente, através do cotejo entre quatro indicadores: disponibilidade hídrica, qualidade hídrica, demanda hídrica e áreas disponíveis para urbanização segundo a legislação ambiental e urbanística. Com estes indicadores é possível avaliar (1) o grau de utilização dos recursos hídricos superficiais, através da relação entre demanda e quantidade hídrica; (2) a capacidade dos corpos d'água de diluir o esgoto doméstico, mantendo qualidade compatível com as classes de uso da água definidas pela Resolução n.º.357/2005 do CONAMA; e (3) capacidade de urbanização, estimada com base no Plano Diretor municipal e na legislação ambiental e urbanística, permitindo estabelecer a relação entre a disponibilidade e a demanda hídrica futura.

Com 1,8 mil km<sup>2</sup>, a faixa continental da RHBIG está situada no sul do estado do Rio de Janeiro e é constituída pelos municípios de Angra dos Reis e Parati (Figura 1). Ao norte, está localizado o Planalto da Bocaina, onde nascem as duas maiores bacias hidrográficas da região: Mambucaba (740km<sup>2</sup>) e Bracuí (185km<sup>2</sup>), nos municípios de Cunha, São José do Barreiro e Bananal, já em território paulista. Ao sul, a baía da Ilha Grande recebe os rios que drenam a faixa continental e insular.

Com o divisor de águas próximo ao litoral, não há a formação de grandes bacias hidrográficas, mas dezenas de bacias, de dimensões diversas, que nascem na Serra do Mar e no Planalto da Bocaina e deságuam na baía da Ilha Grande. Em geral, estas bacias apresentam uma grande amplitude altimétrica e alto e médio curso com elevada declividade. Ao alcançar

as planícies costeiras, predominantemente de pequena extensão, os canais apresentam ruptura de declive abrupta.

O principal uso das águas é o abastecimento urbano, feito por inúmeras captações em pequenas bacias hidrográficas, o que acarreta, durante o período de estiagem, a retirada de todo volume de água, deixando seco o leito do rio à jusante da captação. O abastecimento atende cerca de 180 mil habitantes, mas no período de férias e feriados prolongados, a população aumenta com o fluxo turístico típico das cidades turísticas.

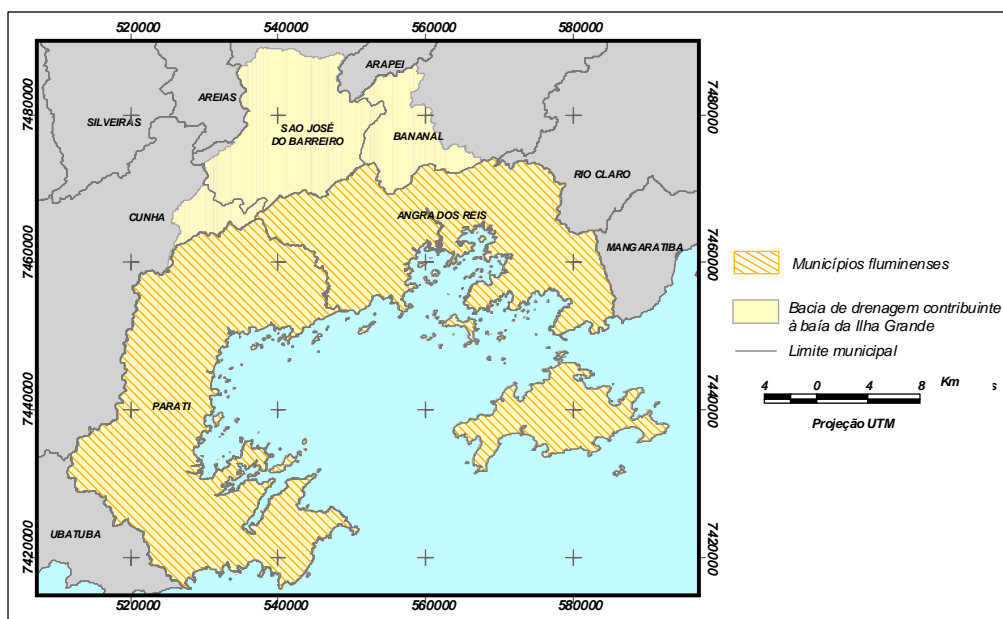


Figura 1: Região hidrográfica da baía Ilha Grande.

## 2. Metodologia

Através do uso de Sistemas de Informação Geográfica, os quatro indicadores de avaliação da sustentabilidade hídrica - quantidade hídrica, qualidade hídrica, demanda hídrica e áreas disponíveis para urbanização, expressos como população equivalente, foram representados espacialmente, permitindo a classificação da área de estudo em regiões hidrográficas segundo sua capacidade de suporte hídrico. As regiões hidrográficas são compostas por uma ou mais bacias hidrográficas, unidas no caso de bacias vizinhas apresentarem planícies costeiras contíguas ou da bacia apresentar área inferior a 10 km<sup>2</sup>. A população equivalente representa um número hipotético de habitantes resultante da adoção de parâmetros para cada um dos indicadores, interpretando uma situação limite. A adoção desta unidade para expressar a sustentabilidade hídrica justifica-se pela facilidade de: (1) entendimento dos resultados pelo público, seja técnico ou leigo; (2) comparação entre parâmetros dimensionalmente diferentes; e (3) comparação entre diferentes regiões e períodos. Deve-se, entretanto, enfatizar, que os resultados alcançados não correspondem a valores populacionais preconizados como meta planejamento, mas como indicadores de uma situação hipotética, resultante de cenários de utilização de recursos. Esta metodologia foi desenvolvida por Francisco (2004) e aplicada para a faixa continental do município de Angra dos Reis e, posteriormente, estendida para o município de Parati, gerando informações sobre a sustentabilidade hídrica para toda a RHBIG. Como produto final, a partir da união dos indicadores de Parati e Angra dos Reis, foi obtido um Mapa de Sustentabilidade Hídrica das Regiões Hidrográficas da Baía da Ilha Grande.

## 2.1 Indicador de disponibilidade hídrica

Nos locais onde a rede de monitoramento fluviométrico é insuficiente, principalmente nas bacias hidrográficas menores do que 300km<sup>2</sup>, utilizam-se métodos indiretos para fazer a estimativa da vazão, entre eles, a regionalização hidrológica (TUCCI, 2000; CRUZ, 2001; SILVEIRA & SILVEIRA, 2001; TUCCI, 2002). Assim, a quantidade hídrica foi aqui avaliada com base na  $Q_{mt}$ , a  $Q_{7,10}$  e a  $Q_{95}$ , calculada pela regionalização hidrológica utilizando seis estações fluviométricas localizadas na área de estudo e coletadas no Sistema de Informações Hidrológicas o (ANA, 2002).

Os indicadores fisiográficos foram calculados com base em um Modelo Numérico de Terreno (MNT), a partir de curvas de nível equidistantes 100m, digitalizadas de cartas topográficas 1:50.000. A cobertura vegetal foi classificada da imagem Landsat 7 de 2000, no programa Spring 3.6, e conferida através de trabalho de campo e fotografias aéreas.

O índice pluviométrico foi obtido através da interpolação de dados de 24 estações pluviométricas (ANA, 2002; DAEE, 2000) localizadas na RHBIG e entorno, coletados no período de 1970 a 1999. O cruzamento entre os limites das bacias hidrográficas e o modelo numérico da distribuição de chuvas no SIG forneceu o total pluviométrico anual das bacias hidrográficas.

Após a etapa do levantamento dos dados fisiográficos e hidrometeorológicos, da análise de sua consistência e da avaliação da homogeneidade hidrológica das bacias, foi executada a regionalização de vazões para as bacias hidrográficas, cujas áreas estivessem entre 10 e 200km<sup>2</sup>. Para a bacia do Mambucaba, com 740km<sup>2</sup>, fez-se interpolação de áreas, utilizando dados da estação fluviométrica Fazenda Fortaleza, localizada nesta bacia. Para as bacias com área inferior a 10km<sup>2</sup>, a estimativa foi feita pela interpolação de áreas de bacias vizinhas (Francisco, 2004).

## 2.2 Indicador de demanda hídrica

Para contornar a falta de informação básica sobre demanda da população residente, da população flutuante (turística) e das principais atividades econômicas, usaram-se métodos indiretos de avaliação, apoiados por dados obtidos em levantamentos de campo ou fornecidos pelas empresas consumidoras e fornecedoras de água. Na estimativa da população residente e flutuante, foram utilizados dados demográficos de setores censitários, agregados em regiões hidrográficas.

Considerando que a renda é um dos principais fatores que influenciam no consumo de água residencial, a demanda hídrica residencial foi pesquisada pela relação entre o PIB per capita (IBGE, 2000) e o volume de água distribuído per capita (IBGE, 2002) nos estados brasileiros. Os resultados, obtidos através de regressão linear e análise de agrupamentos, foram validados com os dados de hidrometria domiciliar, fornecidos pelo SAAE local.

A demanda da população flutuante considerou a capacidade de hospedagem na área de estudo, avaliada pelo número de leitos em hotéis, pousadas e similares, informados pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Indústria, Comércio e Turismo de Angra dos Reis (SDEICT), e pelo total de casas de veraneio. Como casas de veraneio foram considerados os domicílios ocasionais, identificados na Sinopse do Censo Demográfico (IBGE, 2001). A capacidade de hospedagem total foi validada durante o feriado da Semana Santa de 2002 através de contagem de veículos, realizada pelo Departamento Estadual de Rodagem (DER-RJ), em dois dos três acessos ao município de Angra dos Reis. Concomitante a esta medição, fez-se amostragem de número de passageiros e tipos de veículos que passaram pela estrada. Considerando o maior nível de renda do turista, em comparação com a população angrense, e o elevado consumo de água de atividades turísticas em locais litorâneos, a demanda *per capita* da população flutuante foi calculada por acréscimo de 50% à demanda *per capita* da população residente.

A demanda hídrica das atividades industriais e de serviços considerou o consumo dos quatro grandes empreendimentos instalados na área em estudo: o estaleiro BRASFELS, o terminal aquaviário TEBIG da Petrobras, as usinas nucleares Angra I e II e o porto de Angra dos Reis. A estimativa da demanda foi baseada em informações levantadas em entrevistas nestas empresas.

### 2.3 Indicador de qualidade hídrica

Como indicador de qualidade hídrica foi estimada a capacidade de depuração dos corpos d'água em função de dois parâmetros conjugados: o limite da DBO que a classificação do CONAMA – nº357/2005 estipula como critério para enquadramento de uso dos corpos d'água e o nível de eficiência do tratamento do esgoto na eliminação da DBO.

A concentração da DBO no corpo d'água ( $DBO_{receptor}$ ), após lançamento do esgoto, deve ser igual ou inferior ao valor permitido para uma determinada classe de enquadramento. Portanto, ela é função da DBO do efluente ( $DBO_{efluente}$ ) e da eficiência do tratamento do esgoto (K) na eliminação da DBO do efluente (Equação 1):

$$DBO_{receptor} \leq (DBO_{efluente} * (1 - K)), \quad (1)$$

onde:

$DBO_{receptor}$  (mg/L) - assume os valores 3, 5 ou 10, conforme o enquadramento do corpo receptor na classe 1, 2 ou 3 do CONAMA, respectivamente;

$DBO_{efluente}$  (mg/L) - concentração da DBO no esgoto *in natura*, varia entre 200 e 300mg/L (BRANCO, 1983). Neste trabalho, considerou-se a média da faixa; e

K - assume valores de 0%, 65%, 75%, 85% ou 95% na eliminação da DBO do efluente, conforme o tipo de tratamento usado.

Assim, a razão entre a vazão do corpo d'água receptor ( $Q_{receptor}$ ) e a vazão do efluente ( $Q_{efluente}$ ) é inversamente proporcional à razão entre a  $DBO_{receptor}$  e a  $DBO_{efluente}$  (Equação 2), pois:

$$(Q_{receptor} * DBO_{receptor}) \leq ((DBO_{efluente} * (1-K)) * Q_{efluente}), \quad (2)$$

$$(Q_{receptor} / Q_{efluente}) \geq (DBO_{efluente} * (1-K) / DBO_{receptor}),$$

$$Q_{receptor} \geq (DBO_{efluente} * (1-K) / DBO_{receptor}) / Q_{efluente}$$

onde:

$Q_{receptor}$  (m<sup>3</sup>/s) - vazão do corpo d'água receptor necessária para diluição da  $DBO_{efluente}$ , após tratamento, para o corpo d'água enquadrar-se em uma determinada de uso; e

$Q_{efluente}$  (m<sup>3</sup>/s) - vazão do efluente lançado no corpo d'água.

Como se pode observar na Tabela 1, quanto menos restritiva a classe de uso e maior a eficiência do tratamento, menor é a vazão necessária para diluição da  $DBO_{efluente}$ . Considerando tratamento convencional, com eliminação de 85% da  $DBO_{efluente}$ , e o enquadramento do corpo d'água receptor na classe 2 de uso, que permite no máximo 5 mg/L de DBO no corpo receptor, a vazão de diluição deve ser cerca de oito vezes superior ao volume de efluente lançado, conforme demonstrado na Equação 3:

$$Q_{receptor} / Q_{efluente} \geq (250 \text{ mg/L} * (1 - 0,85)) / 5 \text{ mg/L} \quad (3)$$

$$Q_{receptor} \geq 8 Q_{efluente}$$

Tabela 1: Relação entre vazão do corpo receptor e do efluente segundo o enquadramento na classe de uso do CONAMA e a eficiência do tratamento na eliminação da DBO do esgoto *in natura*.

Eficiência do tratamento <sup>2</sup>	DBO permitida (mg/L) <sup>1</sup>		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3
	3	5	10
0%	83	50	25
65%	29	18	9
75%	21	13	6
85%	13	8	4
95%	4	3	1

<sup>1</sup>Resolução CONAMA nº20/86; <sup>2</sup>METCALF & EDDY (1981)

## 2.4 Indicador de urbanização

A identificação das áreas disponíveis para ocupação urbana foi feita pela interpretação espacializada do arcabouço legal urbanístico e ambiental, que restringem à ocupação urbana, e da densidade demográfica atual. Como áreas urbanizáveis, foram consideradas as zonas residenciais e turísticas discriminadas na proposta de reforma do Plano Diretor dos municípios. A densidade demográfica atual foi calculada pela delimitação das manchas urbanas, atribuindo-se, a cada uma destas, a população residente dos respectivos setores censitários.

## 2.5 Indicadores de sustentabilidade hídrica

Avaliação da sustentabilidade hídrica das RHBIG foi feita com base no cotejo entre a demanda hídrica atual, as áreas disponíveis à ocupação urbana, principal tendência de uso do solo da região, e a disponibilidade hídrica, considerando-se os aspectos de quantidade e qualidade. Os indicadores levantados foram convertidos para população equivalente de acordo com os critérios descritos a seguir:

- População equivalente à demanda hídrica atual ( $Pop_{\text{demanda}}$ ) – corresponde à população residente atual;
- População equivalente à quantidade hídrica ( $Pop_{\text{quantidade}}$ ) – relação entre a vazão outorgável no estado do Rio de Janeiro<sup>1</sup> (50%  $Q_{7,10}$ ) e a demanda *per capita* atual (Equação 4). Como demanda hídrica *per capita* utilizou-se o valor obtido para a área de estudo considerando o conjunto de consumos setoriais (doméstico e produtivo).

$$Pop_{\text{quantidade}} = (0,5 * Q_{7,10} / Demanda_{\text{percapita}}) \quad (4)$$

- População equivalente à qualidade hídrica ( $Pop_{\text{qualidade}}$ ) – corresponde a  $Pop_{\text{quantidade}}$  dividida pela relação entre a vazão do corpo receptor ( $Q_{\text{receptor}}$ ) e do efluente ( $Q_{\text{efluente}}$ ), de acordo com a Equação 3.

Foram considerados dois cenários: sem tratamento dos efluentes e o com tratamento dos efluentes. No primeiro cenário ( $Pop_{\text{qualidade.sem.tratamento}}$ ), considerou-se a eliminação da DBO do efluente 0% e o enquadramento dos corpos d'água receptores na classe<sup>2</sup> 2, resultando em uma vazão de diluição 50 vezes superior ao volume de efluente lançado (Equação 5):

$$Q_{\text{receptor}} / Q_{\text{efluente}} = 250 \text{ mg/L} * (1-0) / 5 \text{ mg/L} \quad (5)$$

$$Q_{\text{receptor}} = 50 Q_{\text{efluente}}$$

O segundo ( $Pop_{\text{qualidade.com.tratamento}}$ ) corresponde a um cenário com tratamento convencional de esgoto, ou seja, apresentando eficiência na eliminação de 85% da DBO, e enquadramento dos corpos d'água na classe 2, resultando em uma vazão de diluição oito vezes superior ao volume de efluente lançado (Equação 6):

$$Q_{\text{receptor}} / Q_{\text{efluente}} = (250 \text{ mg/L} * (1- 0,85)) / 5 \text{ mg/L} \quad (6)$$

$$Q_{\text{receptor}} = 8 Q_{\text{efluente}}$$

- População equivalente à disponibilidade de áreas para urbanização ( $Pop_{\text{urbana}}$ ) - aplicação da densidade demográfica média atual, 70 hab/ha e 10 hab/ha, correspondendo, respectivamente, às zonas residenciais e às zonas turísticas definidas no Plano Diretor dos dois municípios em estudo. Este quadro corresponde a um cenário onde todas as zonas turísticas e urbanas são ocupadas com uma densidade demográfica atual.

Por fim, a RHBIG foi classificada de acordo com a sustentabilidade hídrica em regiões deficitárias e superavitárias considerando as seguintes situações:

<sup>1</sup> Portaria SERLA nº. 567/2007.

<sup>2</sup> O enquadramento na classe 2 permite a recreação primária, a piscicultura e o abastecimento doméstico com tratamento convencional.

- Situação atual - balanço entre a Pop.<sub>demanda</sub> e a Pop.<sub>quantidade</sub>.
- Cenário atual - balanço entre Pop.<sub>qualidade.sem.tratamento</sub> e Pop.<sub>demanda</sub>. As regiões com Pop.<sub>demanda</sub> maior do que Pop.<sub>qualidade.sem.tratamento</sub> foram consideradas deficitárias.
- Cenário futuro - balanço entre Pop.<sub>qualidade.com.tratamento</sub> e Pop.<sub>urbana</sub>. As regiões com Pop.<sub>urbana</sub> maior do que Pop.<sub>qualidade.com.tratamento</sub> foram consideradas deficitárias.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Disponibilidade hídrica da RHBIG

Para calcular a quantidade hídrica das bacias hidrográficas que cortam a faixa continental de RHBIG, foram aplicadas as equações lineares geradas pela regionalização hidrológica com a variável explicativa precipitação (m<sup>3</sup>/s) disponíveis em Francisco (2004).

Considerando a vazão média como a vazão máxima que pode ser regularizada, a disponibilidade hídrica da área em estudo corresponde a 82m<sup>3</sup>/s. Adotando um indicador restritivo, a Q<sub>95</sub>, mesmo critério utilizado no Plano Nacional de Bacias Hidrográficas (ANA, 2003), a disponibilidade diminui para 30m<sup>3</sup>/s. Adotando-se 50% da Q<sub>7,10</sub>, vazão outorgável no estado do Rio de Janeiro, a disponibilidade hídrica passa para 11m<sup>3</sup>/s, o que equivale a 13% do valor da vazão média.

Esses valores resultam em uma disponibilidade hídrica *per capita* variando entre 18 mil e 2,5 mil m<sup>3</sup>/hab.ano, considerando, respectivamente, a Q<sub>mlt</sub> e 50% da Q<sub>7,10</sub>. Este último valor, base da outorga de recursos hídricos, é próximo ao do estado do Rio de Janeiro e ao litoral norte do estado de São Paulo. Já o valor correspondente à vazão média é a metade da disponibilidade *per capita* avaliada para o Brasil.

Entretanto, qualquer que seja o critério adotado, é importante destacar que cerca de 40% do total da vazão da RHBIG pertencem à bacia do Mambucaba, rio sob domínio federal, de acordo com a Lei nº. 9433/97. Os rios com área acima de 200 km<sup>2</sup> são atípicos para a região fisiográfica que se estende do litoral sul do Rio de Janeiro ao litoral norte de São Paulo. Em geral, os rios aí situados têm suas nascentes na vertente Atlântica, nas escarpas da Serra do Mar, próximas ao litoral, gerando pequenas bacias hidrográficas.

Apesar da predominância de bacias de pequeno porte, a produtividade hídrica é elevada na região, a vazão específica é de 44 L/s.km<sup>2</sup> e 16 L/s.km<sup>2</sup>, correspondendo, respectivamente, a Q<sub>mlt</sub> e a Q<sub>7,10</sub>. Valores próximos aos apresentados pelo litoral norte de São Paulo, 55 L/s.km<sup>2</sup> e 14 L/s.km<sup>2</sup>, colocando esta região como a de maior produtividade hídrica do território paulista cujos valores médios correspondem a 13 L/s.km<sup>2</sup> e 4 L/s.km<sup>2</sup>, respectivamente.

#### 3.2 Demanda hídrica da RHBIG

A estimativa da demanda hídrica total da área em estudo tentou aproximar-se dos valores mais elevados, ou seja, dos períodos de pico do consumo. Comumente, a demanda maior ocorre durante o verão, quando o fluxo de turistas é maior, coincidindo com o período de maior disponibilidade hídrica.

Com base nos dados levantados e nas análises realizadas, o total da demanda hídrica da faixa continental da RHBIG é de 66 mil m<sup>3</sup>/dia, considerando a demanda máxima relacionada ao pico de fluxo turístico. A demanda *per capita* é de 470 L/hab.dia, incluído aí o consumo das principais atividades econômicas.

O maior consumo corresponde à população residente com 35 mil m<sup>3</sup>/dia, representando 53% do total, seguido da população flutuante, com 24 mil m<sup>3</sup>/dia e 36% do total da demanda. Os quatro maiores empreendimentos econômicos instalados na região - estaleiro BRASFELS, terminal TEBIG da Petrobras, usinas nucleares Angra I e II e o porto de Angra dos Reis, consomem 7,6 mil m<sup>3</sup>/dia, representando 11% do total.

Adotando como disponibilidade hídrica 50%  $Q_{7,10}$ , equivalente a 11 m<sup>3</sup>/s, a relação entre demanda e disponibilidade é próxima a 7%. Mesmo dobrando a população de turistas, a relação fica abaixo de 10%.

### 3.3 Mapeamento da sustentabilidade hídrica da RHBIG

A quantidade de água disponível na RHBIG corresponde a uma população equivalente a 1,9 milhão de habitantes. No entanto, cerca de 40% da vazão concentra-se na bacia do Mambucaba considerada extensa para a região que se estende entre o sul fluminense e a baixada Santista. A qualidade hídrica, considerando o cenário futuro, apresenta população equivalente a 250 mil habitantes, enquanto no cenário atual este número é de apenas 40 mil habitantes, sendo o fator mais limitante entre os analisados. A população equivalente à disponibilidade de áreas à ocupação urbana é de 407 mil habitantes.

Em relação à sustentabilidade hídrica das regiões hidrográficas (Figura 2), considerando a situação atual, avaliada pelo balanço entre a demanda e a quantidade hídrica atual, verifica-se que as regiões de Japuíba (23) e do Centro (26), ambas situadas em Angra dos Reis, apresentam um *déficit* hídrico atual, ou seja, estas regiões já abastecem uma população acima da vazão outorgável.

Considerando o cenário atual, com indicadores de demanda e tratamento de efluentes semelhantes aos atuais, verifica-se que dezessete regiões hidrográficas se apresentam em *déficit hídrico*, ou seja, a DBO dos corpos d'água a jusante do lançamento de esgotos, possivelmente, está acima do valor indicado para a classe de enquadramento 2.

Considerando um cenário futuro, com indicadores de tratamento de efluentes e de áreas disponíveis à urbanização, a região de Bracuí (19) torna-se deficitária, em função das áreas legalmente disponíveis à urbanização (Pop.<sub>urbana</sub>). No entanto, seis regiões (6, 8, 11, 12, 15 e 17) tornam-se superavitárias devido ao tratamento dos efluentes. As regiões 2, 3, 4, 7 e 10 são superavitárias pois apresentam áreas restritas à ocupação urbana.

## 4. Conclusões

A população equivalente à sustentabilidade hídrica varia entre 40 mil a 1,9 milhão de habitantes, correspondente, respectivamente, à capacidade de depuração dos corpos d'água de efluentes sem tratamento e ao valor da vazão outorgável. Considerando que o tratamento de esgotos na região é incipiente, os cursos d'água das áreas urbanas, por apresentarem pequena vazão em relação à necessidade de água para diluição da DBO, 83 vezes o volume lançado, apresentam comprometidos, sendo este o principal fator de restrição hídrica na região. Em relação à quantidade hídrica, a população equivalente parece inatingível, para uma região com 180 mil habitantes. No entanto vale lembrar que o município de Santos, localizado em região fisiográfica semelhante, apresenta densidade demográfica urbana próxima a 100 hab/ha e população de cerca 420 mil habitantes. Esta população corresponde ao triplo da população continental de Angra dos Reis, enquanto a área urbanizável angrense é 1,5 vezes maior do que a de Santos. A unidade de gerenciamento de recursos hídricos da baixada Santista, constituída por nove municípios, já é abastecida pela transposição de água da bacia do Alto Tietê (CERH, 1999).

### Referenciais bibliográficas

ANA. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Documento Base de Referência. Minuta. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>> . Acesso em: 21 maio 2003.

\_\_\_\_\_. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> . Acesso em: 2002.

BRANCO, Samuel Murgel. **Poluição: a morte de nossos rios**. São Paulo: ASCETESB. 1983.166p.

CERH. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: Conselho Estadual de Recursos Hídricos, Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos, 1999. 128p. Disponível: [www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/consulta/perh2000idx.html](http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/consulta/perh2000idx.html) Acesso em: 26 de março 2004.

- CRUZ, J.C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2001
- DAEE. DIVISÃO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. BcDAEE - **Banco Pluviométrico, Fluviométrico e Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo**. v. 1.0. São Paulo, 2000. CD-ROM.
- FRANCISCO, C. N. **Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito municipal – O caso de Angra dos Reis, RJ**. Niterói, 2004, 178 f. Tese (Doutorado em Geociências). Programa de Pós Graduação em Geoquímica Ambiental, UFF. 2004.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2000. Agregado por setor censitário dos resultados do universo**. 2ª edição. Rio de Janeiro: 2003. 1CD-ROM.
- \_\_\_\_\_. Contas Regionais do Brasil 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 jul. 2003.
- \_\_\_\_\_. Sinopse do censo demográfico 2000. Rio de Janeiro: 2001. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 set. 2003.
- SILVEIRA, A.L.L.; SILVEIRA, G.L. Vazões Mínimas. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia Aplicada a Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. p.125-163.
- TUCCI, C.E.M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.
- TUCCI, C. E.M; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para “visão mundial da água”. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, v. 5, n. 3, p.31-43, jul-set. 2000.

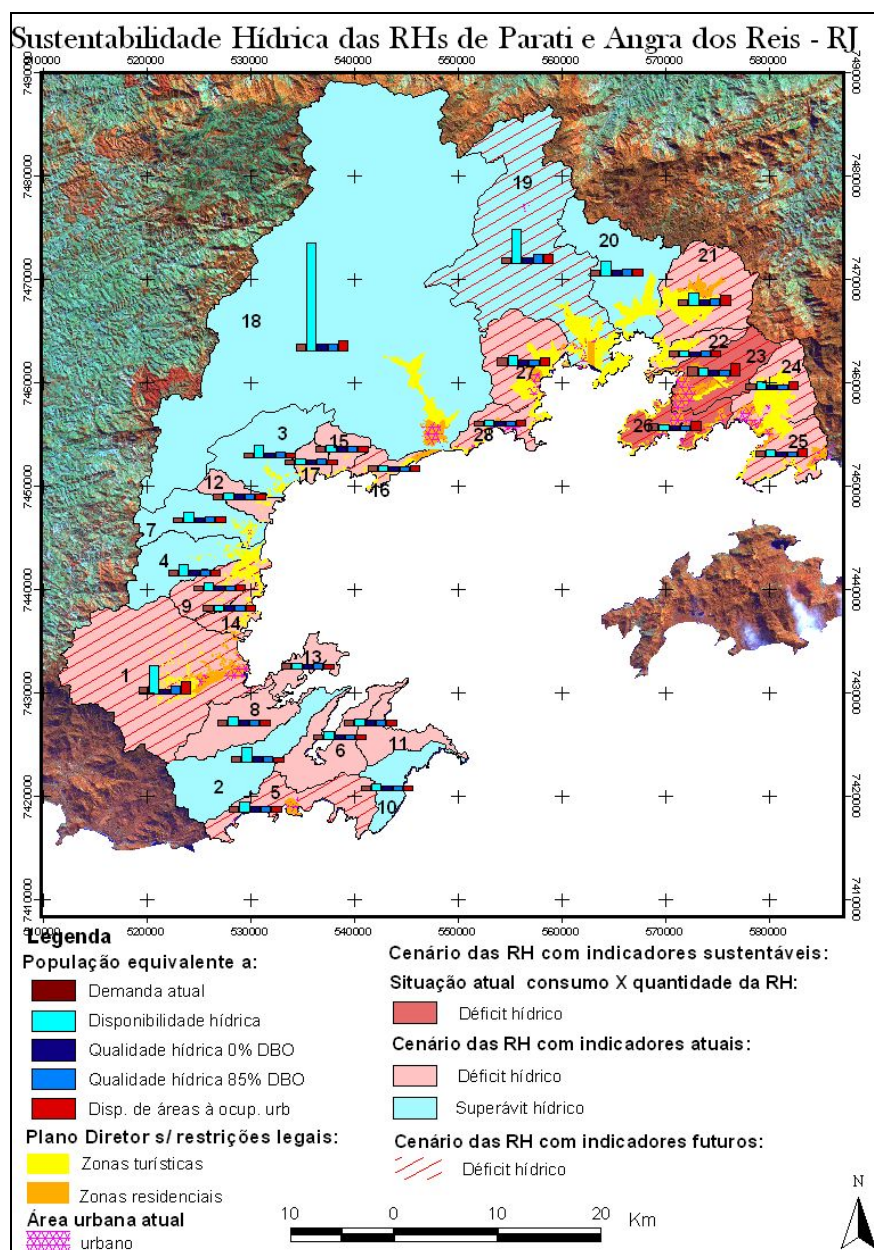


Figura 2 – Mapa sustentabilidade hídrica da Região Hidrográfica Baía da Ilha Grande.