

## **SUMÁRIO - ANEXO**

<b>ANEXO.....</b>	<b>374</b>
<b>1 ASPECTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>375</b>
1.1. Fontes de informações .....	375
1.2. Critérios de agregação .....	376
1.3. Disponibilidade Hídrica e Demanda .....	376
1.4. Cargas Poluidoras e Capacidade de Assimilação .....	382

# **ANEXO**

## **1 ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Neste item são descritas as metodologias que foram utilizadas ao longo do trabalho de elaboração do Documento Base de Referência. Face às limitações intrínsecas aos diferentes métodos adotados, deve-se entender que as estimativas (demandas, vazões, etc.) aqui apresentadas, não devem substituir aquelas já existentes em estudos mais criteriosos e com maior nível de detalhamento.

### **1.1. FONTES DE INFORMAÇÕES**

Dentre as principais fontes de informação sócio-econômicas utilizadas para as análises aqui realizadas, destaca-se a do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, disponibilizada ao nível municipal. A utilização da base municipal georeferenciada do IBGE, associada às informações municipais, contribuiu para um adequado detalhamento da visão dos recursos hídricos do País. Entretanto, a configuração espacial da base municipal não é determinada unicamente pela hidrografia e relevo, mas por um conjunto de fatores resultantes do processo histórico de ocupação do território. Esta condição faz com que a divisão dos municípios, ou somatório de suas áreas, não seja exatamente coincidente com quaisquer níveis de divisão hidrográfica que se queira estabelecer. Além disso, a base municipal apresenta mais de 5.500 divisões, representando uma alternativa de abordagem pouco concisa.

Todavia, com o apoio de ferramentas computacionais que incorporam conceitos de Sistemas de Informações Geográficas, é possível promover a interseção entre os temas *bacias* e *municípios*, resultando deste procedimento incrementos apreciáveis no grau de discretização e na qualidade da representação espacial de atributos associados à unidades hidrográficas de referência (UHR), em qualquer nível de divisão hidrográfica adotado.

Além das informações do Censo Demográfico, foram também consideradas as informações da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, do Censo Agropecuário, dados de Mortalidade Infantil e PIB *per capita*, do IBGE. Os Índices de Desenvolvimento Humano – IDH foram obtidos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA

Para as estimativas de disponibilidade hídrica foram considerados os registros de vazões das estações fluviométricas, disponíveis no Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas - ANA.

## **1.2 CRITÉRIOS DE AGREGAÇÃO**

As informações municipais foram associadas às diferentes unidades hidrográficas consideradas, com base em critérios relacionados com sua natureza vetorial. Assim, atributos relacionados com as sedes municipais (exemplo: população urbana) foram considerados de maneira pontual, atribuindo-se os valores à unidade hidrográfica que contém o ponto com as coordenadas da sede municipal. A consideração de temas cujos atributos devem ser entendidos como distribuídos espacialmente (exemplos: população rural, efetivo de rebanhos, área irrigada, etc.) foram consideradas conforme o percentual da área de município contido em cada unidade hidrográfica. Neste caso está implícito, como hipótese simplificadora, a assunção de que a distribuição de tais atributos se dá de maneira uniforme no polígono que representa a área de cada município.

## **1.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E DEMANDA**

### **a) Precipitação Média Anual**

A precipitação média anual foi determinada a partir do mapa de isoietas traçadas para toda a superfície do país, através da interpolação por *krigagem* de normais de 30 anos de chuva em 204 estações pluviométricas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Para estimativa da precipitação média anual em cada unidade hidrográfica do país foi realizada a integração das superfícies de isoietas na área correspondente do polígono de cada unidade hidrográfica.

### **b) Evapotranspiração Real**

A evapotranspiração real, em cada unidade hidrográfica do país, foi calculada através do balanço hídrico simplificado:  $ETr = P$  (Precipitação) –  $Q$  (escoamento). Portanto, outras eventuais perdas (recarga de água subterrânea para fora

da bacia, usos consuntivos, etc.), encontram-se incorporados na estimativa da evapotranspiração real.

### c) Disponibilidade hídrica

A disponibilidade hídrica do país foi obtida a partir dos registros de vazões das estações fluviométricas, disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas - ANA. Para cada unidade hidrográfica de referência, foi selecionada a estação fluviométrica mais próxima à foz, com a série hidrológica mais extensa (preferencialmente superior a 15 anos de dados) e calculados os seguintes indicadores para esta estação:

**Vazão média de longo período  $Q_m$  (m<sup>3</sup>/s):** definida pela média aritmética das vazões diárias de todo o período da série disponível;

**Vazão com permanência de 95%  $Q_{95}$  (m<sup>3</sup>/s):** vazão que é igualada ou excedida em 95% do tempo (obtida com base na série de vazões diárias disponível). Esta variável foi utilizada para caracterizar a disponibilidade hídrica natural, sendo aqui denominada de vazão crítica de referência. Ainda foram determinadas as seguintes relações para cada estação fluviométrica:

$$q_m = \frac{Q_m}{A} \quad (\text{vazão específica média, em L/s.km}^2) \text{ e};$$

$$r_{95} = \frac{Q_{95}}{Q_m}$$

Onde:

A - área de drenagem da estação;  
 $Q_m$  - vazão média de longo período.

Para cálculo da vazão média ( $Q_m$ ) e da vazão crítica de referência ( $Q_{95}$ ) de cada unidade hidrográfica utilizou-se das seguintes expressões:

$$Q_m = A_s \cdot q_m \quad \text{e} \quad Q_{95} = Q_m \cdot r_{95} \quad , \text{ onde } A_s \text{ é a área da unidade hidrográfica de referência.}$$

Em situações nas quais não se dispunha de dados foram adotados valores de vazões específicas de bacias contíguas de comportamento hidrológico similar. Apesar das limitações do método e dos dados disponíveis, observou-se a coerência global das estimativas obtidas.

#### **d) Demanda Urbana e Rural**

Nos cálculos das demandas urbanas foram considerados os consumidores residenciais, comerciais e públicos, além dos industriais situados nas áreas atendidas por rede geral, quer utilizem ou não água nos seus processos.

As **demandas urbanas** foram adotadas como sendo os volumes de água distribuída por sistemas públicos de abastecimento às populações atendidas com redes gerais.

Nos cálculos das **demandas urbanas** foram utilizadas as populações urbanas atendidas por rede geral, recenseadas pelo **IBGE** no ano 2.000, e os coeficientes de demandas *per capita* resultantes da razão entre os volumes de água distribuídos obtidos da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – **PNSB**, no ano 2.000, e as referidas populações.

Para as estimativas das populações urbanas atendidas por rede geral, as populações urbanas totais foram multiplicadas pelos respectivos **índices de atendimento**, correspondentes à razão de domicílios particulares permanentes abastecidos por rede geral e os domicílios particulares permanentes totais, ao nível dos municípios, também recenseados no mesmo período pelo **IBGE**.

Os valores dos *per capita* calculados, antes de serem utilizados nas estimativas das **demandas urbanas**, passaram por uma análise de consistência, ao nível dos municípios, e sofreram pequenos ajustes.

Nas estimativas das **demandas rurais** foram adotadas as populações rurais acrescidas das urbanas não atendidas por redes gerais, levando-se em conta que as populações urbanas não atendidas estão localizadas nas áreas urbanas periféricas e adjacentes às áreas rurais e,

portanto, são atendidas de forma similar às populações rurais (por chafarizes e fontes, poços particulares e/ou por caminhões pipa).

No cálculo das demandas rurais as **populações rurais** foram multiplicadas pelos coeficientes de demandas *per capita* disponíveis no Diagnóstico Nacional de Recursos Hídricos (FGV, 1998) e as populações urbanas não atendidas pelos mesmos coeficientes de demandas *per capita* adotados para as populações urbanas atendidas.

Finalmente, as demandas estimadas por município foram distribuídas conforme o percentual da área de município contido em cada unidade hidrográfica (demanda rural) e conforme a localização das sedes municipais (demanda urbana). No caso da demanda rural está implícito, como hipótese simplificadora, a assunção de que a distribuição de tais atributos se dá de maneira uniforme no polígono que representa a área de cada município.

#### **e) Demanda Animal**

A estimativa da demanda foi feita a partir do número de cabeças disponível no Censo Agropecuário de 2000, do IBGE, multiplicado pelos respectivos coeficientes *per capita* de consumo de água de cada espécie animal. Esses coeficientes foram extraídos do trabalho Águas Doces do Brasil, 1999 que fornece valores para cada espécie. As demandas, assim calculadas, foram distribuídas nas unidades hidrográficas de referência segundo o percentual de inserção da área municipal em cada unidade.

#### **f) Demanda Industrial**

As estimativas das demandas industriais, em nível nacional, é complexa, entre outros fatores, devido à falta de informações municipais da produção industrial por tipologia.

O Diagnóstico Nacional de Recursos Hídricos, elaborado pela FGV em 1998, apresentou estimativas de demandas industriais de água para as nove regiões hidrográficas adotadas na

época. Essas estimativas basearam-se nos estudos de Barth (1987), que considerava o consumo industrial como uma percentagem do consumo de água humano, determinado nas áreas urbanas.

A metodologia adotada no presente trabalho consistiu na obtenção de um coeficiente *per capita* médio aplicável aos trabalhadores registrados na indústria de transformação e do número de empregados no setor secundário, disponível na Base de Informações Municipais do Setor de Produção de Bens e Serviços, do IBGE – 2000.

Os coeficientes médios foram estimados para cada estado a partir de informações existentes em algumas regiões hidrográficas do País, localizadas nos estados do Rio Grande do Sul (*site* do Governo do Estado), de Santa Catarina (*site* do Governo do Estado), de São Paulo (CRH, 2000; COPPETEC, 2001), do Rio de Janeiro e de Minas Gerais (COPPETEC, 2001), dos estados situados na bacia do rio São Francisco (VBA Consultores, 2000). Obteve-se, como resultado, valores variando de 1500 a 5500 L/empregado/dia. A fixação dos valores *per capita* para cada estado foi feita através de um processo empírico, adotando-se valores proporcionais ao nível de industrialização dos estados.

Os valores *per capita* assumidos foram comparados aos constantes em referências bibliográficas, tais como Tomaz (2000). Apesar da grande variação desses coeficientes em função da tipologia industrial, muitos deles situam-se numa faixa próxima aos valores de referência, indicando que o modelo simplificado adotado é satisfatório.

A partir desses dados estimou-se a demanda de água multiplicando os coeficientes *per capita* adotados pelo número de pessoal ocupado na indústria de transformação, em cada município. Na seqüência, essas demandas industriais foram distribuídas nas unidades hidrográficas de referência, conforme a localização das sedes municipais.

Ressalva-se que as informações disponíveis para o cálculo do *per capita* médio foram muito limitadas. A exceção é o estado de São Paulo que dispõe de informações sobre o consumo industrial em todas suas unidades hidrográficas de referência. Conseqüentemente, a estimativa aqui apresentada para a demanda industrial deve ser considerada com reservas.



### **g) Áreas Irrigadas e Demanda de Água para Irrigação**

A fonte de informações adotada foi o Censo Agropecuário (95-96) por apresentar dados de áreas irrigadas em nível municipal.

A metodologia utilizada consistiu em: 1) identificar as principais áreas com concentração de municípios de expressiva produção de arroz irrigado, estabelecendo para as mesmas uma dotação unitária de água representativa para as condições nacionais, e 2) identificar os municípios que apresentam irrigação de outras culturas estabelecendo, para as áreas irrigadas nesses municípios, dotações de água proporcionais às deficiências hídricas observadas em nível local. Optou-se por trabalhar nesta estimativa com valores de dotação desprezando os retornos de água e supondo uso de água concomitante para todos os usuários, adotando-se resultados conservadores.

Com base em análise dos dados do Censo, estabeleceu-se como mais importantes para estimativa das demandas as áreas com arroz irrigado em municípios dos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e Tocantins. Para esses municípios, e para os respectivos totais de áreas irrigadas, foi empregada uma dotação unitária de 16.500 m<sup>3</sup>/ano/ha (0,52 L/s.ha), que é um valor médio de referência para a cultura.

Para estabelecimento das faixas de deficiência hídrica para o País, foram adquiridos dados das normais de 1961-1990 de precipitação e temperatura das 204 estações climatológicas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram calculados os valores mensais de evapotranspiração potencial (ETp) para estas estações, pelo método de Thornthwaite, que considera a temperatura média anual e a latitude. O déficit hídrico mensal para cada uma dessas estações foi obtido a partir das diferenças entre a evapotranspiração potencial e a precipitação, sendo o déficit hídrico anual para cada estação climatológica obtido pelo somatório dos valores positivos dos balanços mensais.

A partir dos valores calculados de déficit hídrico anual (entre 0 e 900 mm) foi elaborado um mapa de isolinhas de déficit hídrico para o País com 10 faixas. Estas faixas foram associadas a dotações unitárias de água para irrigação, tradicionalmente utilizadas por

irrigantes das diferentes regiões do País, que se situam na faixa de 7.500 a 16.500 m<sup>3</sup>/ano/ha (0,24 a 0,52 L/s.ha). (ANEEL, 1999).

A demanda de irrigação média anual (m<sup>3</sup>/s) foi obtida da multiplicação das áreas irrigadas por município pelas respectivas dotações unitárias. Para possibilitar a estimativa de intervalos indicativos de dotações de água para irrigação nos meses menos e mais crítico seguiu-se o seguinte procedimento: 1) para as áreas com arroz irrigado, considerou-se dotação nula no mês menos crítico, ou seja, o não-fornecimento de água; para o mês mais crítico, 2,12 L/s.ha; 2) para as demais áreas, seguindo um padrão aproximado da variação da utilização de água ao longo do ano em áreas com culturas temporárias irrigadas, obteve-se as dotações mínima e máxima (em L/s.ha) pela multiplicação da dotação média por 0,5 e 2,5, respectivamente.

Os dados de áreas irrigadas e demandas por município foram considerados conforme o percentual da área de município contido em cada unidade hidrográfica. Neste caso está implícito, como hipótese simplificadora, a assunção de que a distribuição de tais atributos se dá de maneira uniforme no polígono que representa a área de cada município.

#### **1.4 CARGAS POLUIDORAS E CAPACIDADE DE ASSIMILAÇÃO**

Tendo em vista a dificuldade de obtenção de dados de qualidade da água e cargas poluidoras em nível nacional, adotou-se nesta etapa do PNRH procedimento simplificado para avaliação somente das cargas poluidoras urbanas e de seu impacto sobre os cursos d'água das unidades hidrográficas.

##### **a) Carga Orgânica Remanescente de Origem Doméstica Urbana**

As cargas orgânicas remanescentes por unidade hidrológica de origem doméstica urbana foram estimadas a partir da somatória dos volumes de esgotos tratados e não tratados, lançados nos corpos de água, adotando concentrações de 300 mg DBO<sub>5</sub> / L para os esgotos não tratados e 60 mg DBO<sub>5</sub> / L para os esgotos tratados (considerando uma remoção média no tratamento de 80%).

Os volumes de esgotos “tratados” foram extraídos da “Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - IBGE 2000” e o volume de esgoto não tratado foi calculado a partir da população urbana recenseada (Censo IBGE 2000), considerando um valor médio *per capita* de esgoto doméstico de 180 L/dia por habitante.

As cargas orgânicas remanescentes foram estimadas em toneladas de demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) por dia.

#### **b) Capacidade de Assimilação de Cargas Orgânicas**

Para uma avaliação expedita e pelo nível da precisão desejado, foi adotada a hipótese de que todos os cursos d’água das unidades hidrográficas estivessem enquadradas na classe 2 (Resolução CONAMA 20/86) e que a carga orgânica a ser assimilada não deve exceder ao limite estabelecido para um corpo de água dessa categoria (concentração de 5 mg DBO<sub>5</sub>/L), sem levar em conta a autodepuração.

A carga orgânica assimilável, expressa em toneladas DBO<sub>5</sub>/dia, foi estimada considerando a vazão média. A indicação da capacidade de assimilação de cada unidade hidrográfica foi expressa pela razão da carga orgânica remanescente e a carga orgânica assimilável correspondente.

Valores superiores a 1 indicam que a carga orgânica remanescente de esgoto de origem humana lançada é superior a carga assimilável e, portanto, é alta a probabilidade de que os rios da unidade não estejam nas condições da Classe 2.