

## Capítulo 8 – Recursos hídricos: um capítulo à parte

Luis Antonio Bittar Venturi

### Introdução

Os recursos hídricos são tratados aqui da seguinte maneira: inicialmente, considerando a escala planetária e o ciclo hidrológico, definimos a água como um recurso natural *inesgotável, naturalmente reciclável, indestrutível e reprodutível*. Então, dividimos as águas doces em atmosféricas, superficiais (bacias) e subsuperficiais (lençóis e aquíferos), ilustrando suas ocorrências naturais e definindo o conceito de água mineral. Em seguida, tratamos dos diversos usos da água divididos em não energéticos e energéticos. Uma seção à parte é dedicada à dessalinização enquanto produção industrial de água doce; outra, alude ao paradoxo brasileiro: o país com maior disponibilidade hídrica, mas com acesso não universal à água de qualidade. Aqui se estabelece a relação entre água, abastecimento e saneamento. Na sequência, fazemos um alerta sobre a responsabilização da natureza pela escassez hídrica, seguido de uma breve descrição da transposição do rio São Francisco. Finalmente, encerramos o capítulo propondo perspectivas contrárias à ideia amplamente difundida de escassez anunciada e conflito iminente.

### 8.1 Definição e informações básicas

A água deve ser considerada em escala planetária, pois, apesar de os oceanos não estarem diretamente disponíveis para o consumo humano, é principalmente deles que os continentes se abastecem por meio de mecanismos naturais, como evaporação e precipitação, quando as águas salgadas se dessalinizam na evaporação e se ressalinizam ao infiltrarem nos solos e rochas. Considerar apenas as águas doces seria fragmentar o ciclo hidrológico e nos obrigaria a aceitar, por exemplo, que as águas das chuvas e dos rios ‘destroem-se’ quando chegam aos oceanos. Essas águas, porém, voltam ao continente.

Dadas as quantidades de água existentes (cerca de 1,4 bilhões de km<sup>3</sup>)<sup>1</sup> a água pode ser considerada um *recurso natural inesgotável* e um dos mais abundantes no planeta. De toda essa água existente, no entanto, apenas 2,8% é doce, dos quais 2,15% se encontram congelada. Contudo, o que ainda existe de água doce líquida está muito além das necessidades humanas, ou seja, é muito mais do que o suficiente para abastecer a humanidade. Além disso, como as quantidades se mantêm constantes, não se pode considerar a água como um recurso renovável, já que este conceito implica em reposição natural de estoques, o que não ocorre no ciclo hidrológico. Assim, é mais adequado classificar a água com um *recurso naturalmente reciclável*.



Figura 8.1 – Distribuição percentual das águas no planeta.

As águas doces estão na atmosfera, na superfície, no subsolo e nas calotas polares havendo estreita relação entre elas, pois se retroalimentam no ciclo hidrológico. E como a água nunca se destrói<sup>2</sup> pelo uso (seja ele qual for), toda a água utilizada pelo homem volta ao ciclo, eventualmente com mudança de estado, de lugar e de qualidade.

<sup>1</sup> CAMP, 2009, p.160.

<sup>2</sup> Quimicamente, a molécula de água pode ser artificialmente desmembrada em laboratório, separando-se o H<sub>2</sub> do O, o que configuraria sua destruição. Mas isto ocorre em alguns casos específicos, em quantidades ínfimas que não podem aqui ser consideradas.



Figura 8.2 – Ciclo hidrológico, ou ciclo da água.

A água, em si, portanto, é um *recurso natural indestrutível*. Ainda que sua qualidade possa ser comprometida com contaminantes, ela sempre poderá, a um certo custo, ser recuperada, seja ao grau de pureza inicial (reciclagem, quando volta ao ciclo inicial) ou a graus de pureza inferiores (água de reuso, como veremos). Assim, a água também é um recurso natural *artificialmente reciclável e reutilizável*.

Camp (2009, p.162) afirma que *“almost any use is temporary, so ‘borrowed’ might be a more accurate description of what happens to water”*<sup>3</sup>.

E atualmente, temos que considerar que a água doce é produzida em escala industrial a partir da dessalinização da água dos oceanos, podendo, assim, também ser classificada como *recurso natural reprodutível*, como veremos na seção 8.3.

Se a água é tudo isso: inesgotável, natural e artificialmente reciclável, indestrutível e reprodutível, por que seu acesso não é universal? Ocorre que a água não se distribui de forma regular no planeta, de modo que existem regiões que apresentam escassez hídrica natural causada especialmente por processos climáticos (baixa precipitação). Caso haja uma população vivendo sob condições de escassez hídrica natural, ou seja, quando a demanda por água for maior do que sua disponibilidade, configura-se o

<sup>3</sup> (Tradução do autor) “quase todo uso é temporário, então, “emprestada” é o termo que descreve com maior acurácia o que acontece com a água”.

*estresse hídrico*<sup>4</sup>. É, portanto, um conceito social, pois só faz sentido falar em estresse hídrico se houver uma população sendo afetada por uma escassez natural. Naturalmente, os ecossistemas funcionam bem de acordo com as diferentes quantidades de água existentes, tomando a Amazônia e o Sahara como exemplos extremos. Porém, habitar regiões de escassez hídrica natural é uma decisão humana e ter a capacidade (ou não) de assegurar o abastecimento é sempre um problema social, e nunca natural. Isto explica também porque algumas regiões com grande disponibilidade hídrica (como a Amazônia) têm os menores índices de acesso à água potável (como veremos na seção 8.4, *O Paradoxo Brasileiro*).

### **8.1.1 Águas meteóricas ou atmosféricas**

As águas atmosféricas, ao se condensarem alimentam os rios e lagos (pela precipitação e escoamento superficial), e os lençóis e aquíferos (por infiltração). As águas superficiais continentais retroalimentam a atmosfera (pela evaporação) e os oceanos (por escoamento e deságue). Anualmente, as precipitações descarregam 110 km<sup>3</sup> de água apenas nos continentes<sup>5</sup>. Se parte disso fosse captado e armazenado já resolveria grande parte do abastecimento humano<sup>6</sup>. E o que não é captado não se perde, pois alimenta as águas superficiais e subterrâneas. Já percebemos que a relação entre as águas atmosféricas, superficiais e subterrâneas é simples: regiões onde chove mais tendem a ter mais água na superfície (rios, lagos etc.) e no subsolo. Contudo, a dinâmica climática é bem mais complexa e nos ajuda a explicar, por exemplo, porque em algumas regiões chove muito enquanto que em outras chove pouco, como essas chuvas se distribuem ao longo do ano (regime pluviométrico), com que intensidade etc. Estes estudos empreendidos pela Climatologia e Meteorologia produzem dados fundamentais ao planejamento, tanto para assegurar o abastecimento de água e energia (hidrelétricas) como na prevenção de enchentes e deslizamentos de encostas.

---

<sup>4</sup> Conceito definido por Malin Falkenmark, em 1976. O estresse hídrico se configuraria quando a disponibilidade per capita estiver entre 1.000 a 1.700m<sup>3</sup>/hab./.. Consultar MMA/ANA (2007).

<sup>5</sup> MAUSER, (2009, p.7).

<sup>6</sup> Como no Programa Cisternas que será detalhado posteriormente.

### 8.1.2 Águas superficiais, doces e líquidas

O Brasil é um dos países de maior disponibilidade hídrica do mundo, abrigando cerca de 12% de toda a água doce em estado líquido do planeta. Mesmo com uma população de pouco mais de 205 milhões de habitantes<sup>7</sup>, o volume de água disponível deixa o país em uma situação muito confortável. Segundo o relatório *GEO Brasil: recursos hídricos*,

a vazão média de água no Brasil é de aproximadamente 33 mil metros cúbicos por habitante por ano ( $m^3/\text{hab/ano}$ ); este volume é 19 vezes superior ao piso estabelecido pela ONU, de 1.700  $m^3/\text{hab/ano}$ , abaixo do qual um país é considerado em situação de estresse hídrico. [...] tal volume de recursos hídricos é suficiente para atender cerca de 57 vezes a demanda atual do País, e poderia abastecer uma população de até 32 bilhões de pessoas, quase cinco vezes a população mundial. (MMA;ANA;PNUMA, 2007, p.20)

Mesmo assim, o país ainda não universalizou o acesso à água potável, como veremos na seção 8.4.

#### A dinâmica das águas superficiais

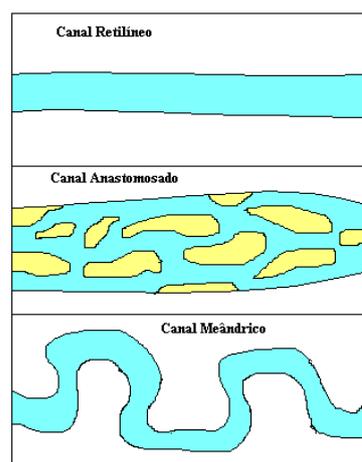
As águas doces superficiais fluem das áreas mais altas para as mais baixas concentrando-se em canais interligados (rios) ou armazenando-se em lagos, lagoas e pântanos, formando sistemas hídricos. Um rio (tecnicamente chamado de *curso* ou *canal fluvial*) pode ser medido quanto a seu *comprimento* (da nascente à foz), *vazão*<sup>8</sup> e *regime fluvial* (variação da vazão durante o ano). Os rios interligam-se formando uma *rede hidrográfica* e, dentro dela, podem ser hierarquizados em primeira ordem, segunda ordem, terceira ordem etc., conforme vão recebendo afluentes ou juntando-

---

<sup>7</sup> Projeção feita para o dia 04/11/2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acessado em: 04 de novembro de 2015.

<sup>8</sup> Vazão ou *débito fluvial*, refere-se à quantidade de água ( $m^3$ ) que passa por segundo em determinado trecho do rio.

se a outros rios<sup>9</sup>, o que indica que, normalmente, em ambiente tropical a vazão aumenta de montante para jusante<sup>10</sup>. O percurso de um rio também pode ser medido quanto ao *gradiente fluvial*, ou seja, o quanto a altitude topográfica diminui em direção a jusante para cada quilômetro de rio. Normalmente, o gradiente fluvial é maior no seu *curso superior*, mais próximo da nascente, pois as vertentes tendem a ser mais acentuadas. Neste trecho predomina o processo de escavação do rio e seu leito é mais pedregoso. No *curso médio*, o gradiente fluvial tende a ser menor e o processo de transporte de sedimentos predomina. E no *curso inferior*, o gradiente fluvial é menor ainda, pois o relevo é, via de regra, mais aplanado. Neste trecho predomina o processo de deposição dos sedimentos escavados e transportados, formando deltas onde se acumulam areias e argilas. Os rios fluem segundo três padrões principais, como mostra a figura 8.3.



**Figura 8.3** – Padrões de cursos fluviais. (EDUARDO, TROQUE ESTA FIGURA, PELO AMOR DE DEUS!)

De modo geral, o padrão retilíneo ocorre em áreas de vertentes mais íngremes, ou sobre ou sobre falhamentos geológicos). Os padrões anastomosado e meândrico ocorrem em áreas de relevo mais aplanado.

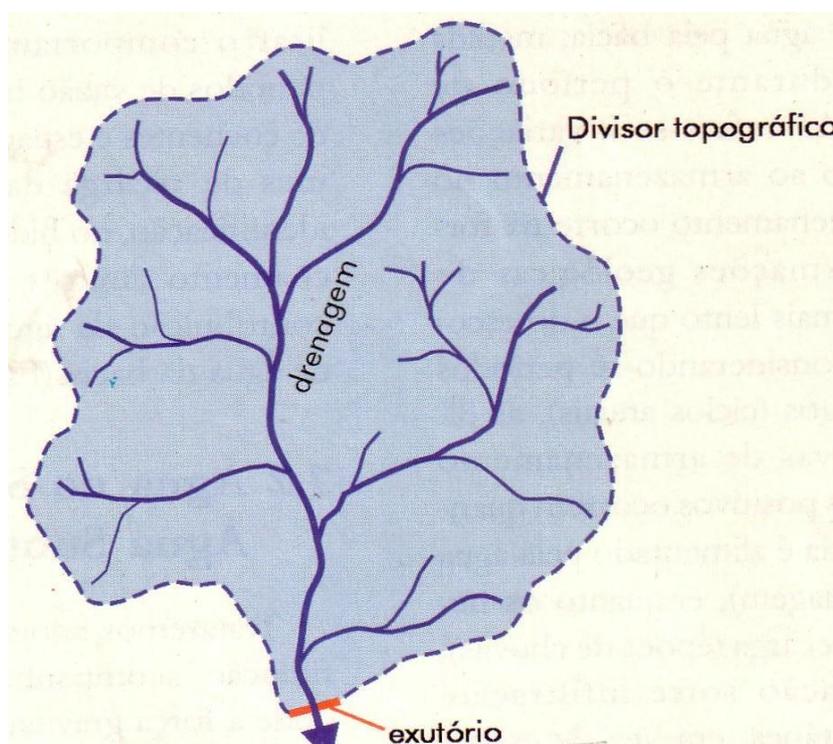
O conhecimento destas características fluviais é importante na medida em que indicam usos mais apropriados. O potencial de geração de energia, por exemplo, é maior nos cursos superior e médio, enquanto a navegabilidade é mais facilitada no curso inferior, de águas mais calmas. Em determinadas épocas do ano há mais água

<sup>9</sup> A ordem de um rio só aumenta a partir da convergência com outro rio da mesma ordem. Ver Rodrigues e Adami (2011, p.69 e 70).

<sup>10</sup> Rios que adentram em áreas desérticas podem perder vazão conforme aumentam de ordem, ou até desaparecerem, como o rio Okavango (África).

disponível (maior vazão) do que em outras, já que existe uma estreita relação entre o *regime fluvial* e o *regime pluviométrico*, de modo que o uso do recurso hídrico deve ser planejado com base no conhecimento desses regimes.

Considerando-se a rede hidrográfica e a área por ela banhada define-se uma *bacia hidrográfica*, que pode ser delimitada e medida em km<sup>2</sup>, embora seja um sistema tridimensional que envolve, além da rede hidrográfica, o relevo, o clima, o solo e a vegetação que influenciam na infiltração da água. Este sistema recebe *inputs* (entradas) de matéria (água atmosférica e subterrânea, além de sedimentos) e energia<sup>11</sup> (principalmente térmica do Sol e cinética das chuvas e ventos); dinamiza-se em fluxos (os próprios rios) que atingem pontos de saída (*outputs*) representados pelos deságuas ou exutórios (além da evaporação).



**Figura 8.4** – Rede e bacia hidrográfica. Fonte: Teixeira, W. e outros. *Decifrando da Terra*. S. Paulo: Of.de Textos, 2000 (p.117)

Outra medida possível refere-se à *densidade de drenagem*, que indica a quantidade total de cursos fluviais em uma área, o que é obtido pela relação entre extensão total dos rios e a área ocupada por eles. No caso da figura 8.4, podemos considerar a bacia representada como de densidade de drenagem média. Assim como

---

<sup>11</sup> Essencialmente, energia de radiação solar (na forma de calor e luz), e cinética das chuvas, ventos e da própria topografia que aumenta a velocidade das águas (gradiente fluvial).

se podem identificar os padrões dos canais fluviais (meândrico etc.), também é possível identificar padrões de drenagem em uma bacia, sendo o mais comum o *dendrítico* ou arborescente (fig. 8.4), além do *retilíneo* (formado por um conjunto de rios retilíneos), entre outros.

Atualmente, considera-se a bacia hidrográfica, em todos os níveis escalares, como uma das mais adequadas unidades territoriais para o planejamento do uso e ocupação do solo.

**Eduardo, eu perco muito tempo procurando figuras. Aqui eu precisaria de um mapa das bacias hidrográficas do Brasil com suas respectivas áreas e vazões.**

**Figura 8.5** – Mapa das bacias hidrográficas do Brasil.

Por ter uma dinâmica complexa e integrada as bacias devem ser geridas enquanto um conjunto sistêmico, independentemente das fronteiras de estados e países, caso contrário o sistema entra em desequilíbrio. Por isso, as mais de 260 bacias hidrográficas internacionais compartilhadas por dois ou mais países são administradas segundo acordos e protocolos<sup>12</sup>. Da mesma forma, bacias nacionais compartilhadas por dois ou mais estados devem ser geridas em conjunto.

---

<sup>12</sup> Sobre este assunto, consultar VENTURI, Luis Antonio Bittar. **Oriente Médio: o compartilhamento e a tecnologia revertendo a perspectiva de escassez hídrica e conflitos.** 2012. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/8/tde-14032013-104333/>>. Acesso em: 2015-04-22.

### 8.1.3 Águas subterrâneas doces: lençol e aquífero

Em princípio, toda água é mineral, dado que sempre contém minerais em diferentes quantidades e proporções. Contudo, denomina-se água mineral aquela que, depois de perder sais pela evaporação e ter precipitado no continente, infiltra-se nos solos e rochas readquirindo deles alguns minerais por dissolução, como o cálcio (Ca), o potássio (K), o magnésio (Mg), o sódio (Na) entre outras substâncias, a depender da composição mineral dos solos e rochas por onde infiltrou. Por isso a água mineral é mais apropriada para o consumo humano do que, por exemplo, a água da chuva acumulada em cisternas. Assim, legalmente, água mineral é aquela obtida em fontes subterrâneas<sup>13</sup>. E como qualquer outra atividade mineradora, ela é explorada sob licença de lavra, e classificada segundo suas características físico-químicas<sup>14</sup>, informações que devem constar na embalagem.

#### A dinâmica das águas subterrâneas

As águas atmosféricas e superficiais infiltram-se nos solos até chegar a um nível de saturação que marca a divisão entre a *zona saturada* (quando todos os poros do solo contêm água) e a *zona não saturada*, logo acima (quando os poros contêm água e ar). A zona saturada é chamada de *lençol freático* e sua parte superior, ou seja, seu 'teto' que marca a transição para a zona não saturada representa o *nível de água* ou *nível do lençol*.

---

<sup>13</sup> Consultar a Resolução n.54 de 15/06/2000 da Anvisa, disponível em: <[portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/2841580047458945933cd73fbc4c6735/RDC\\_54\\_2000.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/2841580047458945933cd73fbc4c6735/RDC_54_2000.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em 11 de setembro de 2015.

<sup>14</sup> Ver Código das Águas Minerais, Capítulo VII. Disponível em: <[www.dnppm-pe.gov.br/Legisla/cam\\_07.htm](http://www.dnppm-pe.gov.br/Legisla/cam_07.htm)>. Acesso em 11 de setembro de 2015.

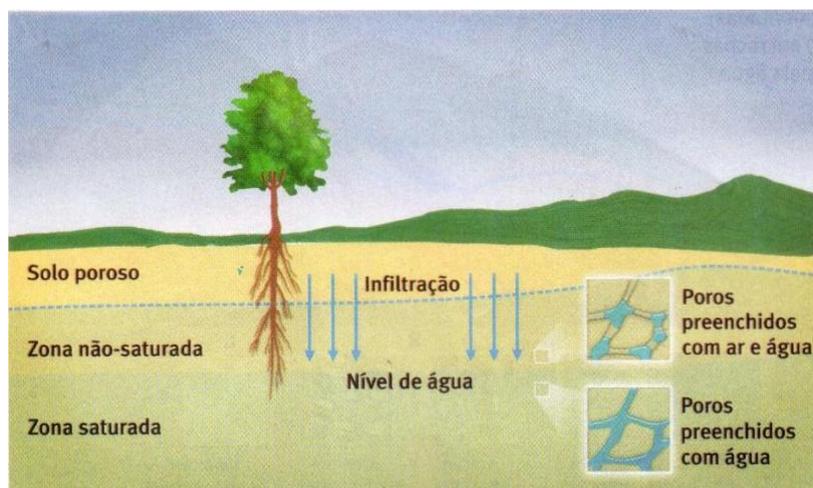


Figura 8.6 – Zonas saturada e não saturada. Fonte: *Ciência Hoje*, n.42, outubro 2008.p.21.

O lençol migra vertical e horizontalmente acompanhando mais ou menos a topografia do terreno, de modo que tende a conter mais água nos terrenos baixos do que nos topos e vertentes. O nível de água também varia conforme as estações do ano, sendo mais próximo da superfície em períodos de maior pluviosidade (podendo até aflorar) e mais profundos em períodos de estio, quando há menos água a ser infiltrada. O lençol pode alimentar um rio se o seu nível estiver acima da superfície deste, ou ser alimentado pelo rio quando este estiver acima do nível do lençol. Por esta razão os rios podem continuar cheios mesmo depois de longos períodos sem chuva, já que, além das águas atmosféricas, são também alimentados pelas águas subterrâneas. Caso o período de estio seja muito longo e o nível do lençol fique abaixo do leito do rio, então ele seca por um período, como os rios intermitentes, comuns na região Nordeste<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Um dos principais objetivos da transposição do rio São Francisco é tornar muitos rios intermitentes em rios perenes.



**Figura 8.7** – Seca de um rio quando, após período de estio, o nível do lençol fica abaixo de seu leito.

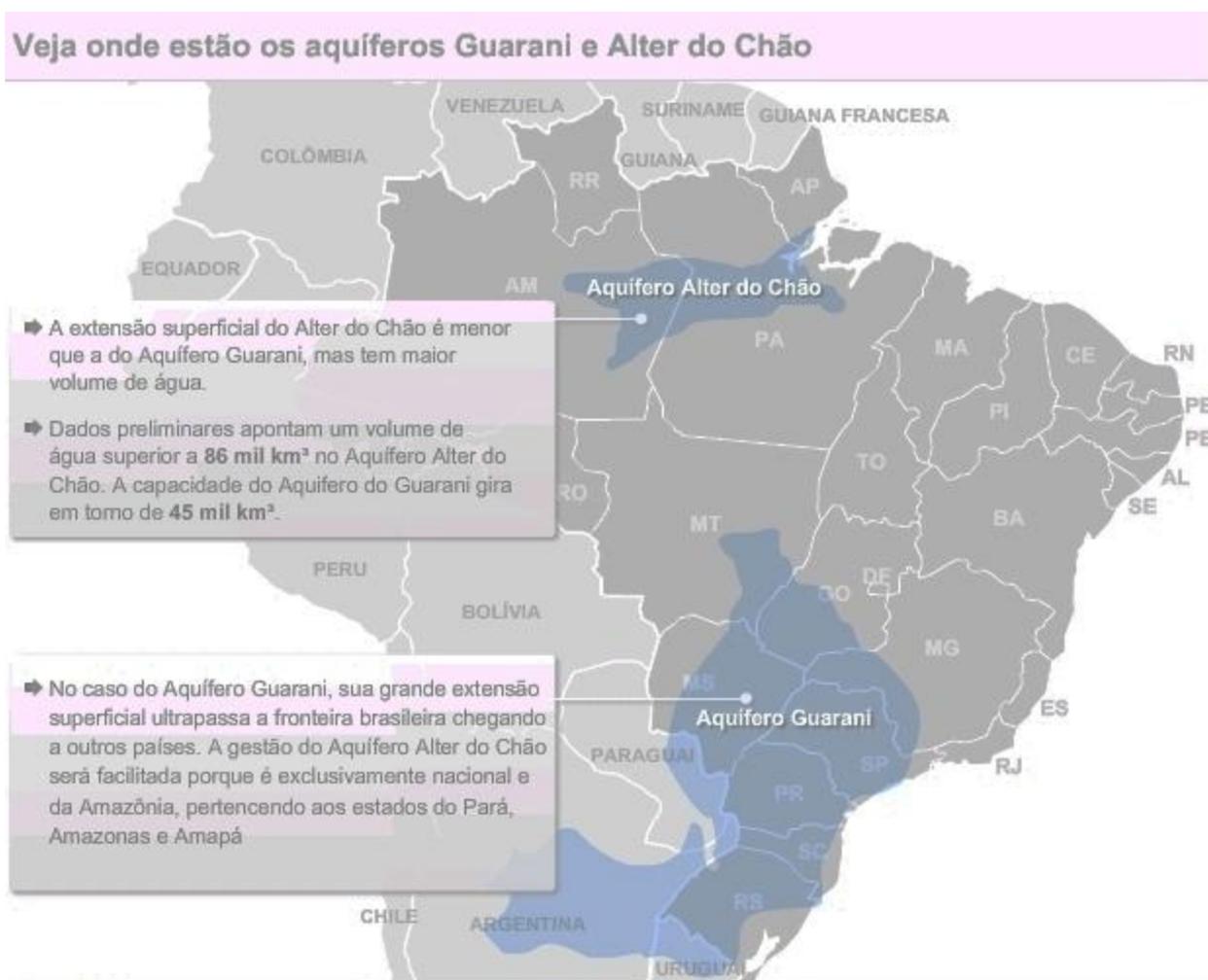
Isto reforça a ideia de uma estreita relação entre as águas atmosféricas, superficiais e subterrâneas. O aproveitamento das águas do lençol pelas plantas depende das condições do solo. Solos muito arenosos são mais permeáveis, de modo que as águas migram por gravidade para camadas mais profundas. Algumas plantas de raízes longas adaptam-se a estes solos e conseguem ir buscar água a vários metros de profundidade, como ocorre nos cerrados. Já, os solos que contêm muita argila são mais impermeáveis, o que dificulta a migração vertical e horizontal da água no seu interior. Assim, os solos ideais são aqueles que contêm areia e argila em certo equilíbrio, pois a areia permite a percolação da água e a argila a retém criando reservas para os períodos de estio, como vimos no Capítulo 6. A forma mais simples e antiga de aproveitamento das águas dos solos pelo Homem se dá por meio de poços comuns, ou *poços freáticos*. A profundidade de um poço terá que ultrapassar o nível do lençol para conter água, e a superfície de sua água marca a passagem da zona saturada para a não saturada.

Abaixo do solo, as águas também podem infiltrar-se nas rochas formando grandes aquíferos<sup>16</sup> de diferentes características, conforme o tipo de rocha subjacente. De forma breve, há basicamente três tipos de aquíferos. O mais “eficiente” é o *aquífero de porosidade intergranular*, típico de rochas sedimentares, especialmente os arenitos. Tais rochas são formadas pelo acúmulo de sedimentos granulares entre os quais existem poros que podem armazenar e transmitir água de forma mais ou menos

---

<sup>16</sup> Em geologia, aquífero designa a rocha capaz de armazenar e transportar água.

homogênea e regular. Como os terrenos sedimentares abrangem cerca de 48% do território nacional e estão sob clima predominantemente tropical, as condições geográficas são favoráveis para a formação de aquíferos. Apenas o aquífero *Guarani* armazena uma reserva de água estimada em 45 mil km<sup>3</sup>, o suficiente para abastecer 150 milhões de pessoas durante 2.500 anos (rever figura 2.15 do capítulo 2). O aquífero *Alter do Chão*, sob os estados da Amazônia, Pará e Amapá tem um volume de água de 86 mil km<sup>3</sup>, quase duas vezes mais que o Guarani, embora menor em extensão. Estima-se que só ele seria capaz de abastecer toda a população mundial por três séculos e provavelmente mais, pois sua recarga é contínua.



**Figura 8.8** – Aquíferos sedimentares Alter do Chão e Guarani.

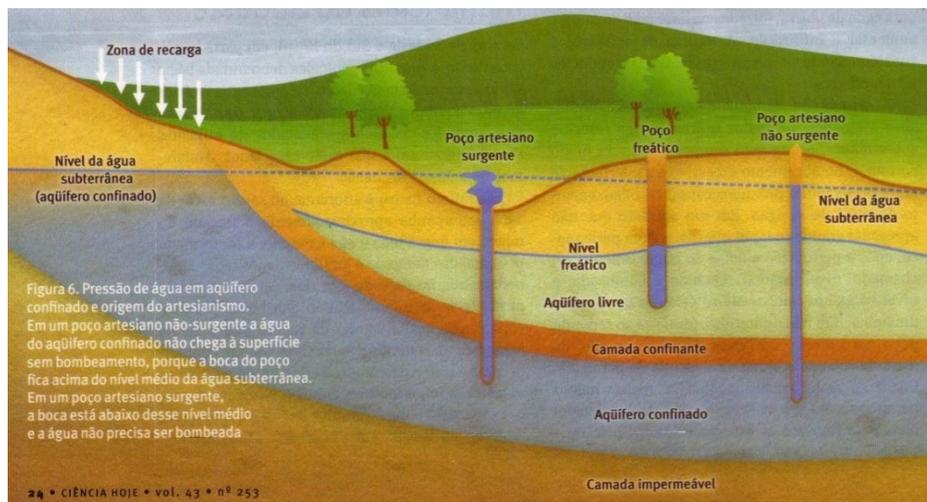
As vantagens do aquífero de porosidade intergranular são várias: como as camadas de arenito são mais ou menos horizontalizadas e homogêneas, a

probabilidade de encontrar água ao atingi-las é bem maior do que nos outros aquíferos que veremos em seguida. Além disso, como a água permeia uma rocha porosa (à semelhança de uma grande esponja rígida de fina porosidade) este aquífero tem um efeito filtrante e normalmente apresenta água de alta qualidade para o consumo humano. Isto ajuda a explicar, por exemplo, o fato de que no oeste do estado de São Paulo (sobre terrenos sedimentares) usa-se predominantemente águas dos aquíferos sedimentares (cerca de 95% de toda água demandada), a despeito de haver diversos rios caudalosos na região. No caso do Alter do Chão há uma vantagem extra: como é recoberto por camadas de argilitos (rochas mais impermeáveis), está menos vulnerável à contaminação. Os aquíferos sedimentares são abastecidos principalmente pelas bordas das camadas sedimentares que afloram nas depressões periféricas (típicas de bacias sedimentares). Nessas áreas, ao mesmo tempo que a água pode aflorar, recebe recargas de águas superficiais e atmosféricas e, por isso, são mais vulneráveis à contaminação, o que deve ser considerado no planejamento do uso e ocupação.

**Figura 8.9** – Perfil esquemático do aquífero Guarani, ilustrando sua área de afloramento e recarga no Estado de São Paulo.

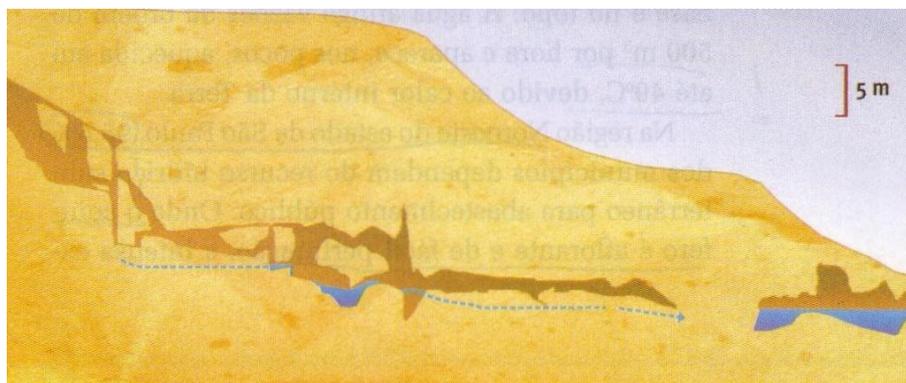
O aproveitamento dos aquíferos se dá por meio de *poços artesianos* criados com a perfuração da rocha. Ao se perfurar um poço, caso a água jorre pela própria

pressão interna, denomina-se *poço artesiano surgente*<sup>17</sup>. Caso a água não jorre exigindo bombeamento, chama-se de *poço artesiano não surgente*.



**Figura 8.10** – Poços artesianos (surgente e não surgente) que atingem a rocha, e poço freático, que atinge apenas o lençol (na figura, ilustrado como aqüífero livre). Fonte: *Ciência Hoje*, n.42, outubro 2008.p.24

Um segundo tipo de aqüífero, também importante é o *aqüífero de fratura*, quando a água se acumula nas fraturas de rochas cristalinas. A exploração destes aqüíferos também se dá por poços artesianos, mas como as fraturas são irregulares no interior das rochas, a probabilidade de se encontrar água é menor, se comparada ao aqüífero sedimentar.



**Figura 8.11** – Aqüífero de fratura. Fonte: *Ciência Hoje*, n.43, outubro 2008.p.23 6

Quando, por pressão interna, as águas das fraturas das rochas cristalinas (e também das camadas das rochas sedimentares do aqüífero anterior) afloram, ocorrem as nascentes, fontes ou olhos de água, também denominados de mananciais. A qualidade e quantidade de água que aflora dos mananciais depende da manutenção

<sup>17</sup> Este nome foi dado em homenagem à cidade de *Artois*, na França, onde se identificou e classificou pela primeira vez este fenômeno.

da cobertura vegetal (que auxilia a infiltração e protege contra erosão) e do correto saneamento básico.

Um terceiro tipo de aquífero que ocorre em regiões cársticas (calcárias) é o *aquífero de condutos*. A água dissolve os calcários subjacentes formando ocos internos (cavernas) por onde a água circula livremente. Este fato torna estes aquíferos mais vulneráveis à contaminação, já que não há nenhum efeito filtrante. Nos aquíferos de condutos, a combinação de rochas cársticas com água cria áreas de risco de subsidência. Um caso famoso de subsidência foi o chamado “buraco de Cajamar”, que ocorreu na RMSP no ano de 1986<sup>18</sup>.



**Figura 8.12** – O “Buraco de Cajamar”. Fonte: Teixeira, W. e outros (2000, p.138).

Isto significa que construir em áreas cársticas exige estudos específicos, dado o risco de subsidência dos terrenos.

Mas as áreas de aquíferos cársticos são também de interesse turístico, pois é onde se formam as cavernas, sempre com água em seu interior, já que é este o agente responsável pela dissolução dos calcários.

---

<sup>18</sup> Existe a hipótese de que o bombeamento de água subterrânea tenha desestabilizado o terreno cárstico de Cajamar.



**Figura 8.13** – Caverna em terrenos cársticos, constituindo um aquífero de conduto.

A exploração das águas subterrâneas tem se acelerado e parece constituir-se em uma tendência apontada pelo crescente número de empresas, órgãos e estudos relacionados ao tema. A água subterrânea pode ser utilizada como recurso complementar e, segundo o IBGE, 15,6% dos domicílios brasileiros já utilizavam exclusivamente água subterrânea em 2002.

## **8.2 Os usos da água**

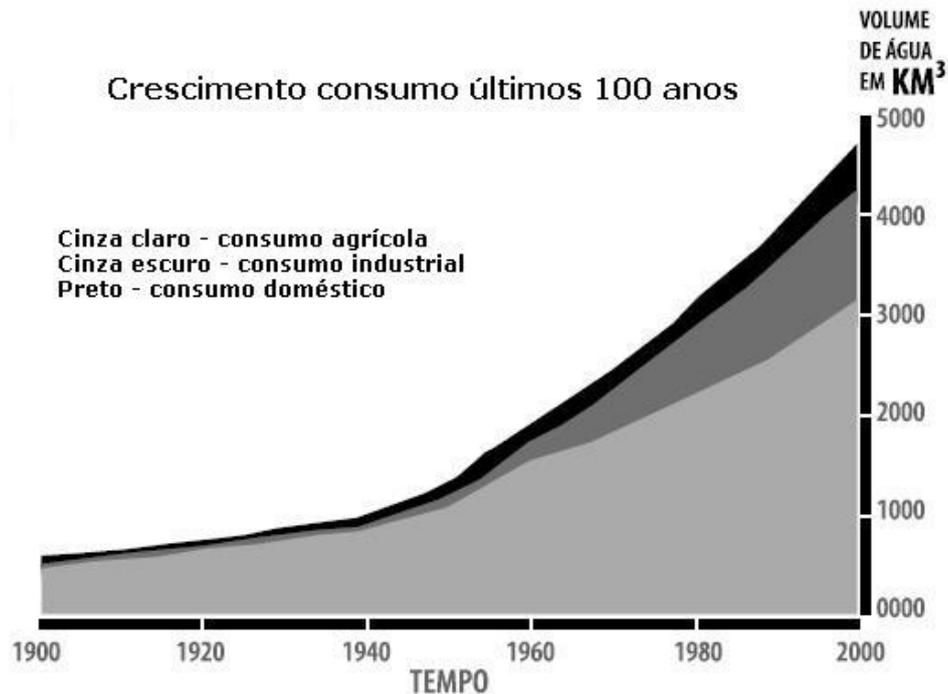
São inúmeros os usos da água, mas o consumo humano e a dessedentação animal são os mais importantes e assegurados por lei<sup>19</sup>, assim como a manutenção da vida animal e vegetal no planeta. Aqui, dividimos os usos entre não energéticos e aqueles destinados à geração de energia.

### **8.2.1 Usos não energéticos**

Entre os principais usos que não estão diretamente ligados à produção de energia figuram: o uso doméstico, agrícola e industrial, cuja evolução no século XX é ilustrada na figura 8.14.

---

<sup>19</sup> A Lei 9.433 de 08/01/1997, no artigo 1º, inciso 3º assegura: *em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais*. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil/03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/leis/19433.htm)>. Acessado em: 22 abril/2015. Acesso em: 14 de setembro de 2015.



**Figura 8.14** – Evolução dos usos doméstico, agrícola e industrial no século XX.

Observamos que o uso que mais cresceu foi o agrícola, seguido do industrial e do doméstico, a despeito do acelerado crescimento demográfico do século XX. Detalharemos brevemente cada um desses usos, acrescentando ainda alguns usos não consumptíveis (quando a água não é consumida) como o viário (hidrovias), o turismo e lazer, finalizando com o reúso.

### **Uso doméstico**

O uso doméstico da água envolve as necessidades humanas básicas, como saciar a sede, cozinhar e cuidar da higiene pessoal e geral, por isso requer água com o maior grau de pureza, à exceção da higiene geral, que em muitos casos pode ser feita com água de reúso. No Brasil, o uso doméstico da água representa cerca de 10% do total da água consumida. Segundo a ONU, cada habitante deve dispor de, no mínimo, 100 m<sup>3</sup> de água por ano. No Brasil, este índice é de 35 mil m<sup>3</sup>/hab/ano, um dos mais altos do mundo. Porém, o acesso à água de qualidade é muito díspare entre as regiões.

O que é surpreendente é que justamente onde há maior disponibilidade da água é onde o acesso a ela é menor<sup>20</sup>.

Nas regiões de maior escassez hídrica natural, como o semiárido nordestino, alguns projetos governamentais buscam aumentar o acesso à água, como o “Programa Cisterna”. Vinculado ao MDS (Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome), este projeto promove, desde 2003, a construção de cisternas domésticas de 16 mil litros, cada qual capaz de abastecer uma família de cinco pessoas por um período de estio de oito meses. Cisternas para pequenas produções e em escolas também fazem parte do programa<sup>21</sup>.

### **Uso agrícola**

Segundo a FAO, a agricultura utiliza cerca de 70% da água doce disponível no mundo, o que ocorre também no Brasil. Obviamente que se trata de um uso importante, sobretudo se considerarmos que o Brasil é um dos principais produtores de alimentos do mundo, como vimos no Capítulo 7. Conceitualmente, a irrigação é uma correção das discrepâncias entre o tipo de clima e o tipo de produto que se cultiva; ou ainda, um ajuste das características naturais para atender a demanda social de alimentos e outros produtos, como biocombustíveis e silvicultura. Contudo, é necessário levar em conta a eficiência deste uso. Segundo Rebouças (2004, p.42),

Cerca de 93% dos quase 3 milhões de hectares irrigados no Brasil ainda se utilizam dos métodos de irrigação menos eficientes do mundo, tais como o espalhamento superficial (56%), aspersão convencional (18%) e pivô central (19%). Deve-se considerar, ainda, que esses dois últimos métodos, além de serem pouco eficientes em termos de consumo de água, são de uso intensivo de energia elétrica, cuja produção no Brasil depende de água.

---

<sup>20</sup> Voltaremos a esta questão posteriormente na seção “O Paradoxo Brasileiro”.

<sup>21</sup> Disponível em: <[www.mds.gov.br/segurancaalimentar/programa-cisternas](http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/programa-cisternas)>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.

Mundialmente, um aumento de apenas 10% da eficiência da irrigação agrícola já seria suficiente para abastecer o dobro da população do Planeta. No Brasil, estes 10% a mais de eficiência poderiam assegurar o abastecimento de mais de 90 milhões de habitantes/ano com água potável (REBOUÇAS, *op cit*).



**Figura 8.15** – Agricultura irrigada do agronegócio da soja. A perda de água por evaporação pode ser menor se a irrigação for feita de manhã bem cedo ou no fim da tarde e início da noite, períodos de menor incidência solar.

Há que se considerar, também, a quantidade de água utilizada em cada produto. Isto parece uma ideia nova, mas alguns autores clássicos já refletiam sobre isso. Sorre (1950, p.710)<sup>22</sup> afirmou que:

*Nos céréales utilisent de 500 à 725 l pour produire 1kg de matière sèche [...] et de 1.350 à 2.215 l par kg de grain. [...] Les besoins du blé par kg de matière sèche étant représentées par 100, on trouve [...] 106 pour l'orge, 121 pour l'avoine, 142 pour la seigle*<sup>23</sup>.

Este raciocínio fundamenta o que mais tarde seria definido como *água virtual*, ou seja, aquela envolvida no processo de produção de cada item<sup>24</sup>. Segundo o CMA (Conselho Mundial da Água), 1 kg de pão requer 150 litros de água para ser produzido; 1 kg de batata consome entre 100 e 200 litros de água; 1 kg de arroz, 1.500 litros. Mais

<sup>22</sup>SORRE, Max. *Les fondements de la Géographie Humaine*. Paris: Armand Colin, 1950.

<sup>23</sup> [Tradução do autor] Nossos cereais utilizam de 500 a 750 litros (de água) para produzir 1kg de matéria seca [...] e de 1.350 a 2.215 litros por kg de grão. [...] Se representarmos por 100 as necessidades do trigo por kg de matéria seca, encontraremos [...] 106 para a cevada, 121 para a aveia e 142 para o centeio.

<sup>24</sup> O conceito de água virtual foi lançado pelo professor J.A.T. Allan, ganhador do *Stockholm Water Prize Winner*. Alude à água invisível contida em produtos comercializados, especialmente *commodities* vegetais.

ainda: 1 kg de carne de frango consome 2 mil litros e a bovina, de 13 mil a 20 mil litros de água para cada quilo produzido. Quando alguns países importam frutas tropicais do Brasil ou outros produtos que demandam mais água, estão, na verdade, importando água virtual.

### **Uso industrial**

As atividades industriais são responsáveis pelo consumo de cerca de 20% da água doce disponível no mundo e o Brasil está dentro desta média. Resfriamento de caldeiras, lavagens de pátios, maquinários, geração de energia por cogeração<sup>25</sup> são alguns dos usos industriais da água, cada qual exigindo diferentes graus de pureza. Obviamente, as águas de resfriamento devem ser mais puras que as de lavagem, o que permite diversas possibilidades de reutilização, reduzindo a demanda por água nova. Para se ter uma ideia, o processo produtivo para a fabricação de mil chips de 32MB (2g cada) demanda 16 mil litros de água, quantidade suficiente para se produzir mais de 100 kg de pão.

### **Uso viário**

O uso da água enquanto via de transporte é um uso não consumptível<sup>26</sup> que suporta níveis de poluição elevados (embora isso não seja desejável), já que é a propriedade física (fluidez) da água que está sendo usada e não suas propriedades químicas. De acordo com o Ministério dos Transportes, existem 28.834 km de rios naturalmente navegáveis no Brasil, como mostra a tabela 8.1 que distribui este potencial por regiões hidrográficas<sup>27</sup>.

---

<sup>25</sup> Os usos energéticos da água serão tratados em seguida, sem a cogeração, que já foi vista no capítulo 7.

<sup>26</sup> Diz-se do uso em que a água não é consumida.

<sup>27</sup> Região hidrográfica é uma divisão territorial que pode agrupar uma ou mais bacias, podendo ou não coincidir com as bacias hidrográficas.

Região Hidrográfica	Estados	Extensão Navegável (km)	Principais rios
Amazônica	MA, PA, AC, RO, RR, AP, MT	16.143	Amazonas, Solimões, Negro, Branco, Madeira, Purus, Juruá, Tapajós, Teles Pires, Guaporé e Xingú
Tocantins	TO, MA, PA, GO	4.016	Tocantins, Araguaia, das Mortes, Guamá e Capim
Atlântico Nordeste Ocidental	MA, PA	648	Mearim, Pindaré, Grajaú e Itapecuru
Parnaíba	MA, PI	1.413	Parnaíba e Balsas
São Francisco	MG, BA, PE, SE	2.308	São Francisco, Grande e Corrente
Paraguai	MT, MS	1.280	Paraguai, Cuiabá, Miranda, São Lourenço, Taquarijauro
Paraná	SP, PR, MG, GO, MS	1.825	Paraná, Tietê, Parnaíba, Grande, Ivaí e Ivinhema
Atlântico Sudeste	MG, ES, RJ, SP	370	Doce e Paraíba do Sul
Uruguai	RS, SC	210	Uruguai e Ibicuí
Atlântico Sul	RS	621	Jacuí, Taquari, Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim
Total		28.834	

**Tabela 8.1:** Rede hidrográfica considerada navegável<sup>28</sup>. Fonte: ANA

No entanto, deste total, apenas 8.500 são navegáveis o ano todo, sendo que 5.700 km estão na região hidrográfica Amazônica. Pouco deste potencial é de fato incorporado ao sistema hidroviário, principalmente por falta de investimento em infraestrutura (eclusas, dragagem, sinalização, portos) e na conexão com outros modais (rodoviário, ferroviário, aeroportuário). Observe o mapa da hidrografia em relação às hidrovias e ao transporte de cargas.

<sup>28</sup> A construção de barragens equipadas com eclusas pode aumentar a extensão navegável dos rios, como veremos.



Figura 8.16 – Hidrografia, hidrovias e carga transportada. Fonte: ANA

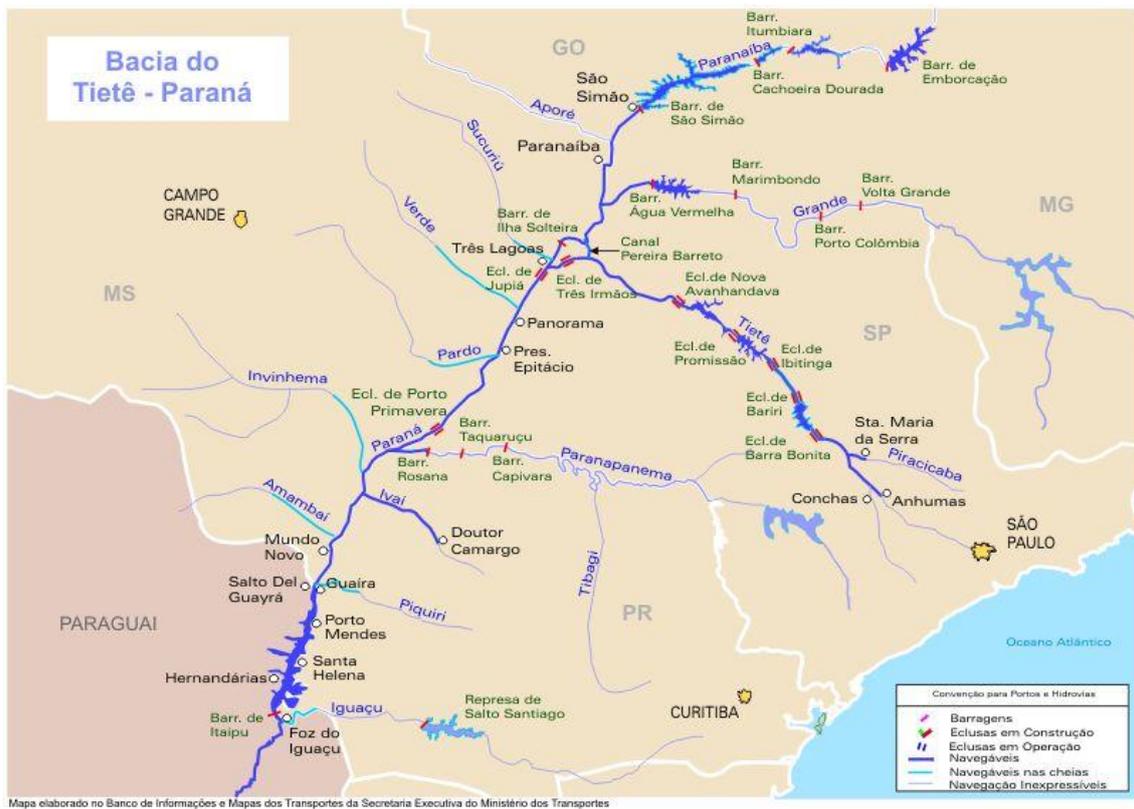
Atualmente, as principais hidrovias do país são: hidrovia do Madeira, do Tocantins-Araguaia, do Tapajós – Teles Pires, do São Francisco, do Tietê-Paraná e do Paraguai-Paraná. Mas pelo potencial brasileiro, as hidrovias ainda têm participação ínfima na matriz de transportes nacional: apenas 11%.

As vantagens da hidrovia em relação a outros modais são evidentes: menor custo, menor poluição, grande capacidade de carga etc. Um comboio do tipo ‘Tietê triplo’ transporta de uma só vez 6.600 toneladas, para o que seriam necessários cerca de 264 caminhões<sup>29</sup>. A maior desvantagem está na velocidade do transporte, o que pode ser um fator limitante para determinados produtos, como perecíveis ou de tecnologia de ponta que disputam velozmente o mercado. Ressaltamos ainda que rios naturalmente não navegáveis podem tornar-se navegáveis como reflexo dos represamentos equipados com eclusas. É o caso da hidrovia Tietê-Paraná, cujos rios planálticos tornaram-se navegáveis após uma sequência de represamentos equipados com eclusas.

<sup>29</sup> Fonte: MESQUITA, P.L. *Hidrovia Tietê-Paraná. Resumo Informativo*. 3 ed. 3ª ed. Barra Bonita: Ponto Final, 2004.



**Figura 8.17** - Salto de Itapura, rio Tietê, 1905. Antes dos represamentos o rio Tietê tinha fraco potencial de navegação. Fonte: Acervo do Museu Geológico de São Paulo Valdemar Lefèvre.



**Figura 8.18** – Hidrovia Tietê-Paraná. Observe que seu ponto final é a barragem de Itaipu, pela ausência de eclusa. Fonte: [http://www.zonu.com/brazil\\_maps/Tiete-Parana\\_Basin\\_Waterways\\_Map\\_Brazil\\_2.htm](http://www.zonu.com/brazil_maps/Tiete-Parana_Basin_Waterways_Map_Brazil_2.htm)

A hidrovia Tietê-Paraná conta com 2.400km de vias navegáveis nos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, abrangendo uma área total de 800 mil km<sup>2</sup> onde é gerada quase a metade do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro.

Espera-se que o transporte hidroviário seja incrementado no Brasil, já que é objeto de programas governamentais, como o PAC das Hidrovias (Programa de

Aceleração do Crescimento voltado para a área hidroviária) que “têm o objetivo de ampliar e melhorar a navegabilidade dos rios brasileiros. Tal objetivo será alcançado através da realização de dragagens, derrocagens (remoção de rochas para desobstrução de leitos de rios), sinalizações, estudos hidroviários e construções de terminais hidroviários de carga e passageiros”<sup>30</sup>. Mas ainda há muito o que se fazer, sobretudo no que se refere ao transporte de passageiros. Apesar das condições propícias da nossa costa (Capítulo 2, seção 2.2), inexistem linhas regulares (não meramente turísticas) de embarcações para o transporte de passageiros entre as capitais litorâneas. Em relação às hidrovias fluviais, apesar da região amazônica onde elas são muito mais bem aproveitadas, ainda há um grande déficit no transporte de passageiros, mesmo onde a infraestrutura já existe, como na hidrovia Tietê-Paraná que interliga mais de 200 municípios de cinco estados brasileiros (São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná). Não seria mais confortável, agradável seguro e barato percorrer toda essa região de barco, assim como viajar pela costa brasileira sem ter que comprar um caro pacote turístico ou se arriscar nas estradas?

### **Usos para turismo e lazer**

Os usos para turismo e lazer são predominantemente não consumptíveis e dependem da manutenção da qualidade das águas, assim como da paisagem na qual se inserem. São atividades como pesca, navegação esportiva ou não, banhos, mergulhos, contemplação, além de atividades terapêuticas (águas sulfurosas, termas etc.). Vale lembrar que essas atividades não são exclusivas das águas doces, mas são praticadas também no mar, talvez em maior intensidade, já que o país tem 7.367 Km<sup>31</sup> de litoral com a população concentrada nas áreas costeiras. Apesar de ainda serem comuns os acidentes e desrespeito às regras de uso, estas atividades são cada vez mais regulamentadas quanto à segurança (pela Capitania dos Portos que regulamenta e

---

<sup>30</sup> Disponível em: <[www2.transportes.gov.br/bit/04-hidro/pac-hidro.html](http://www2.transportes.gov.br/bit/04-hidro/pac-hidro.html)>. Acesso em 14 de setembro de 2015..

<sup>31</sup> Fonte: Este dado pode-se alterar muito, podendo ultrapassar os 9 mil km, caso se considerem todas as reentrâncias do litoral. Disponível em: <<http://teen.ibge.gov.br/mao-na-roda/posicao-e-extensao>>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.

fiscaliza o uso de embarcações e *jet skis*, por exemplo) e quanto ao ambiente (pesca sazonal, limites de poluição etc.).



**Figura 8.19** – Embarcação turística no Pantanal mato-grossense. Repare que a conservação ambiental é essencial para este tipo de uso.

O turismo e lazer em ambiente aquático podem se desenvolver em ambientes naturais (rios, lagos, cachoeiras, pântanos) ou em ambientes produzidos (represas, pesqueiros, parques temáticos).

### **Reuso da água**

O uso racional da água se dá por diversas formas, desde a redução do consumo geral (mantendo a água apenas para atividades essenciais), a eficiência do consumo (pelo não desperdício) até o reuso. Conceitualmente, reutilizar a água significa usá-la mais de uma vez para diferentes fins. Há uma ligeira diferença entre reuso e

reciclagem, já que este último conceito implica em, após o uso e recuperação da qualidade, trazer a água de volta para o mesmo uso inicial, reiniciando o ciclo<sup>32</sup>.

De maneira geral, a água de reuso é produzida a partir do esgoto tratado<sup>33</sup>. As vantagens econômicas da água de reuso (bem mais barata que a água potável) fazem com que o setor produtivo se beneficie mais com essa substituição. A SABESP desenvolve programas de reuso de água para o setor industrial, o que pode diminuir a demanda por água tratada para fins em que ela não é necessária e aumentar a lucratividade das empresas<sup>34</sup>. A água de reuso também pode ser usada para manter o nível dos sistemas de abastecimento urbano, a exemplo das represas que abastecem a RMSP, passando posteriormente por mais uma fase de purificação até se tornar potável.

Na dimensão doméstica, as possibilidades de reuso são limitadas a algumas ações, como o aproveitamento da água de lavagem de roupas para se lavar o chão. Esta falta de opções advém do fato de que as residências (com exceção de alguns condomínios) não recebem água de reuso. Se isso ocorresse, haveria muito mais possibilidades de se manter a água potável apenas para atividades onde ela é estritamente necessária e o uso racional seria incorporado no cotidiano doméstico mais amplamente.

De acordo com a distribuição do consumo diário de água por morador, observamos um grande potencial de economia de água potável, como mostra a figura 8.20.

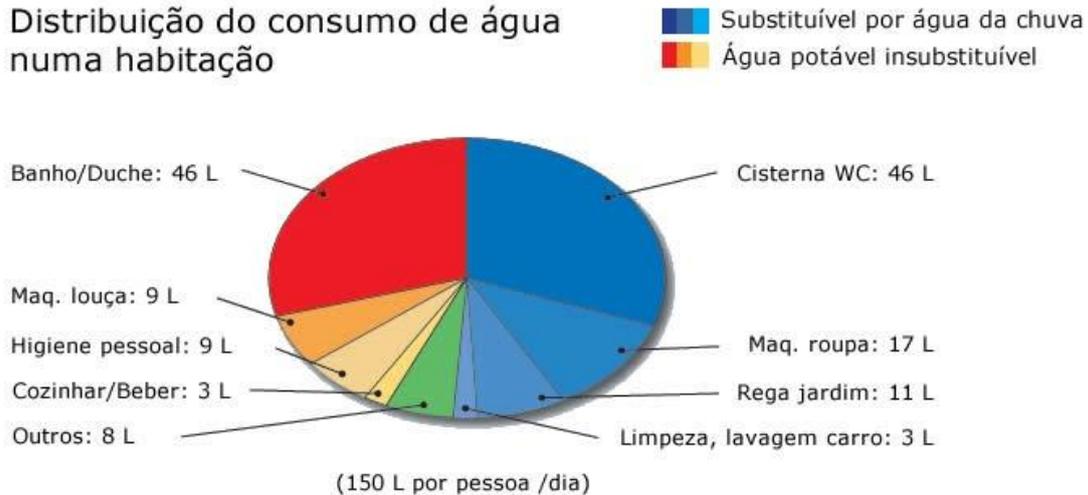
---

<sup>32</sup> Da mesma forma como ocorre com outros recursos e materiais: se o alumínio das latas volta a ser usado para fabricar latas, ele está sendo *reciclado*; se os plásticos de garrafas forem utilizados para a fabricação de outros objetos, então estão sendo *reutilizados*.

<sup>33</sup> Lembrando que o lodo residual desse tratamento também pode ser usado na fabricação de tijolos e telhas. Disponível em: <[http://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=I&par\\_nrod=180&flag=P-A](http://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=I&par_nrod=180&flag=P-A)>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.

<sup>34</sup> Consultar, por exemplo, a estação de reuso da RECAP Refinaria de Capuava, em Mauá – SP) que atingiu o descarte zero de afluentes. Disponível em: <[www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=91872&c=5117&q=maior-projeto-de-reuso-de-ugua-do-paus-une-sabesp-e-pulo-de-capuava](http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=91872&c=5117&q=maior-projeto-de-reuso-de-ugua-do-paus-une-sabesp-e-pulo-de-capuava)>. Acesso em: 23 de outubro/2015.

## Distribuição do consumo de água numa habitação



**Figura 8.20** – Distribuição do uso doméstico da água e potencial de utilização de água de reuso.

O que podemos notar é que cerca de 50% do consumo doméstico poderia ser substituído por água de reuso, caso houvesse seu fornecimento. Mas como não há, resta ao cidadão o *uso racional quantitativo* da água, evitando desperdícios. Contudo, temos que considerar as limitações domésticas para o *uso racional qualitativo*, pois somos obrigados a usar da mesma água que bebemos para dar a descarga.

Do mesmo modo que no uso de energia, a eficiência do uso da água pode ocorrer no projeto, na manutenção e no uso racional. Em relação ao projeto há diversas soluções, como os vasos sanitários mais modernos que podem descarregar 3 ou 6 litros de água de acordo com a necessidade de se eliminar líquidos ou sólidos, respectivamente, enquanto os antigos descarregam cerca de 20 litros para qualquer situação. Há também torneiras com sensores que só abrem ao se posicionar as mãos embaixo delas; elas são mais eficientes do que aquelas que ficam abertas por um tempo determinado, por vezes muito maior do que o necessário. A manutenção é feita essencialmente com o conserto de vazamentos de encanamentos e torneiras assim que eles se iniciam. Sobre o uso racional, vimos que podem ser de caráter quantitativo ou qualitativo.

### 8.2.2 Usos energéticos

**Antigos: monjolos, rodas de água, noras**

O Homem, desde a antiguidade, já percebia a energia cinética gerada pelas águas correntes e criou diversas formas de aproveitá-la para auxiliá-lo em algumas tarefas do cotidiano. Quando as condições de movimento não existiam naturalmente, criavam-se represas. As represas acumulam energia potencial que, liberada, transforma-se em cinética podendo ser distribuída por gravidade para abastecimento e irrigação. Diversos são os mecanismos tradicionais criados, não para gerar energia, mas para aproveitar a energia cinética das águas na realização de diversos trabalhos. Entre os mecanismos mais tradicionais figura a roda d'água, cuja força rotacional pode girar, por exemplo, mecanismos de moagem (transformação de grãos em farinha) e lagaragem (transformação de frutos em líquido, a exemplo do azeite). Outro exemplo de aproveitamento da energia cinética da água é o monjolo, ou báscula, em que um lado de uma "gangorra", quando se enche de água, desce, esvazia-se e sobe novamente realizando o trabalho de pilar cereais mais frágeis (como o arroz).

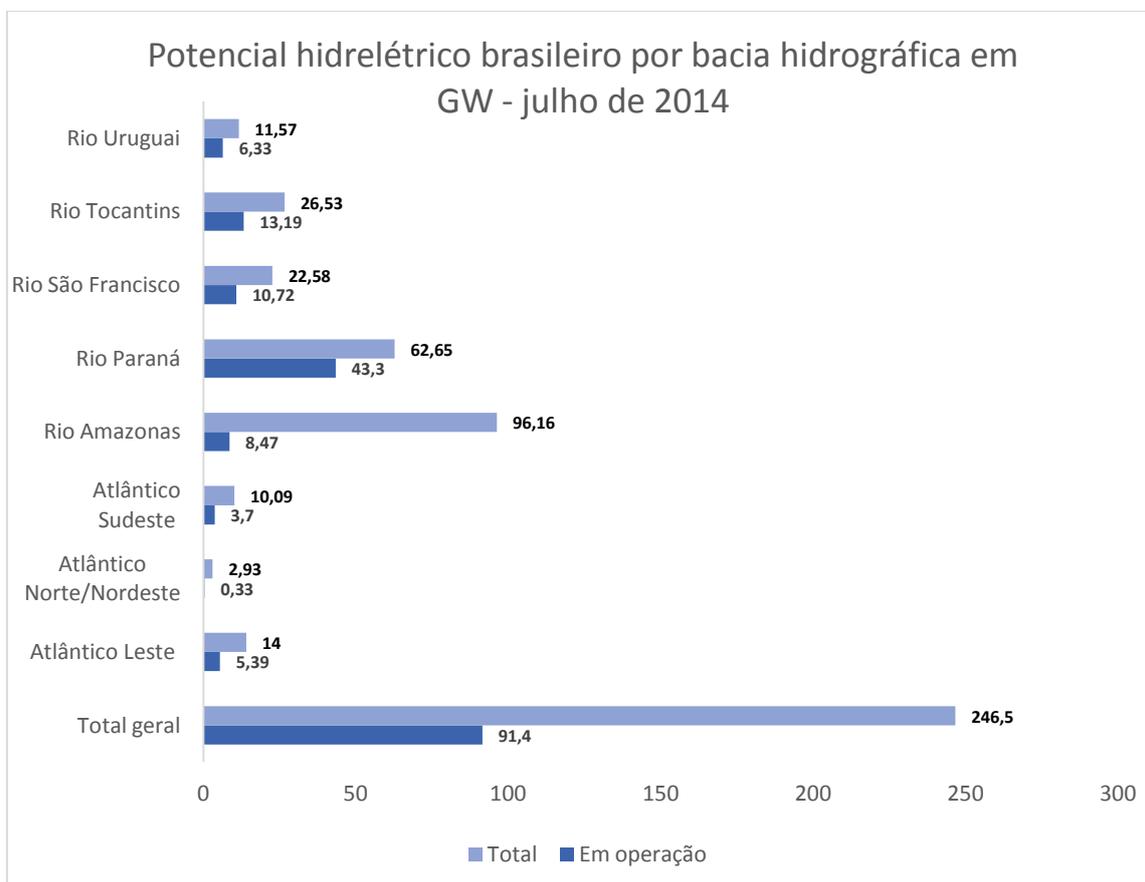


**Figura 8.21** – Monjolo, que aproveita a energia cinética da água.

Outra forma de aproveitamento de energia hidráulica refere-se às *noras*, rodas d'água que têm a função de retirar água de um rio usando sua própria energia cinética. Reveja as rodas da cidade da cidade de Hama, no Capítulo 4 (figura 4.2).

## Modernos: hidroeletricidade

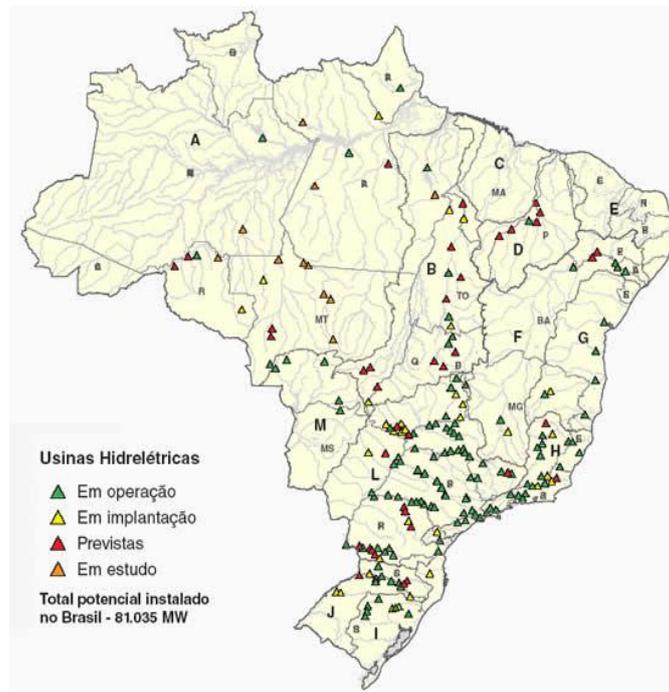
As bacias hidrográficas brasileiras apresentam um potencial elétrico estimado em 246,5GW, sendo um dos maiores do mundo<sup>35</sup>, dos quais 91,4GW estão em operação. Veja como esse potencial se divide por bacia hidrográfica.



**Figura 8.22** – Gráfico do potencial hidrelétrico por bacia hidrográfica. Fonte: adaptado de <<http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS21D128D3PTBRIE.htm>>. Acessado em: 21 janeiro/2015.

Se compararmos a bacia do rio Amazonas com a do rio Paraná, veremos que a bacia do norte, embora seja responsável por cerca de 70% de toda vazão fluvial brasileira, não tem potencial hidrelétrico proporcionalmente maior, já que muitos rios, por fluírem sobre planícies, não são represáveis. Agora veja onde estão localizadas as hidrelétricas brasileiras.

<sup>35</sup> As maiores potências hidrelétricas do mundo são: 1º) China, 2º) Brasil, 3º) Canadá, 4º) EUA e 5º) Rússia. Fonte: <[http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete\\_WER\\_2013\\_Survey.pdf](http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf)>. Acess em: 21 janeiro/201514 de setembro de 2015..



**Figura 8.23** – Distribuição das usinas hidroelétricas brasileiras.

Observe que a maioria das usinas não se localiza na região Norte, a de maior potencial hidrelétrico. Isto ocorre, pois sua localização não depende apenas da existência de rios, mas de relevo adequado ao represamento e, sobretudo, da demanda. A região Sudeste abriga a maior parte das hidrelétricas porque, além de os rios serem predominantemente planálticos, apresenta forte demanda, já que é a região mais populosa e economicamente mais desenvolvida. É neste contexto que se situa a usina hidrelétrica binacional de Itaipu.

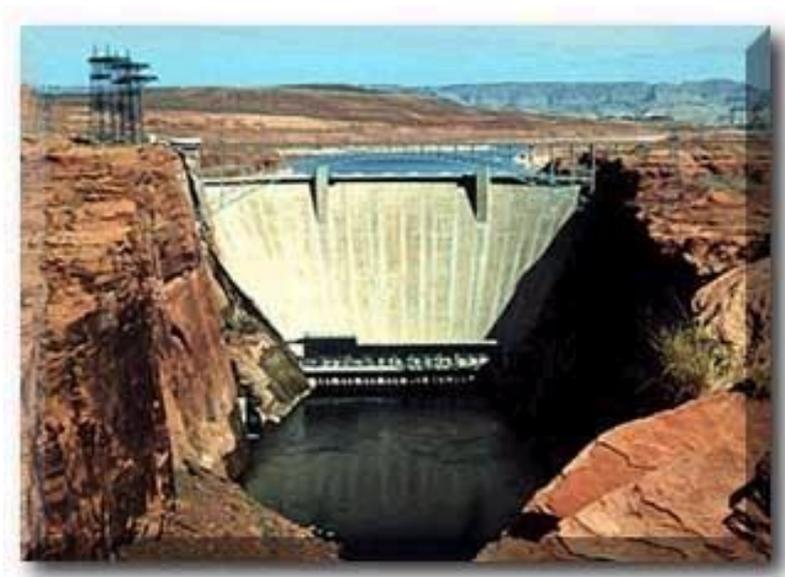


**Figura 8.24** – Usina Hidrelétrica binacional de Itaipu, construída no rio Paraná, na divisa do Brasil com o Paraguai.

Fonte: <[www.itaipu.gov.br](http://www.itaipu.gov.br)>.

Com capacidade instalada de 14.000 MW, Itaipu é a segunda maior usina hidrelétrica do mundo, depois da usina de Três Gargantas, na China). Em 2014, Itaipu produziu 87,8 milhões de MW/h, mas no ano anterior havia batido seu próprio recorde gerando 98,6 MW/h (média durante o ano). Isto corresponde a cerca de 14% de toda a energia elétrica consumida no Brasil (e 79% do Paraguai)<sup>36</sup>. Seria necessário queimar diariamente cerca de 440 mil barris de petróleo em termelétricas para se produzir a mesma energia de Itaipu.

A hidroeletricidade inicia-se gerando energia potencial pelo represamento das águas, que será tanto maior quanto mais alta for a represa. A extensão da área inundada é fator secundário para a produção de energia, mas essencial para o ambiente: a melhor hidrelétrica é aquela que consegue produzir mais energia com menor área inundada. Revendo a comparação entre a hidroelétrica de Balbina (AM) e de Xingó (AL-SE) (Capítulo 2), temos exemplos extremos. A primeira inundou 2.360 km<sup>2</sup> para formar um lago de 7 m de altura e gerar apenas 250MW de energia, enquanto a segunda consegue gerar 5.000MW com um represamento de apenas 60 km<sup>2</sup>. Maior é o ganho social e ambiental quando as áreas inundadas não são habitadas nem recobertas por vegetação e solos férteis, como no exemplo da figura 8.25.



**Figura 8.25** – Glen Canyon Dam (EUA). Represamento de alta energia potencial combinando relevo dissecado e volume de água.

---

<sup>36</sup> Disponível em: <[www.itaipu.gov.br/energia/geracao](http://www.itaipu.gov.br/energia/geracao)>. Acess em: 14 de setembro de 2015.

Obtida a energia potencial, esta será liberada de forma controlada gerando energia cinética (de movimento) e a água passará pelas turbinas girando-as (força rotacional). Quanto maior a força da água, maior será a energia gerada. A construção de uma usina hidrelétrica (UEH) causa impactos negativos e positivos de vários tipos. O represamento, por si só, já ocasiona um impacto ambiental negativo e irreversível que será maior se a área inundada for recoberta por vegetação natural e fauna. Caso haja populações<sup>37</sup> e áreas agrícolas o impacto inicial será também social e econômico. Havendo submersão de sítios arqueológicos haverá um prejuízo científico e cultural.

Por outro lado, a geração de energia limpa e perene representa um impacto socioeconômico e ambiental positivo, imediato e permanente. Diversas atividades econômicas (comércio, indústria, agricultura e serviços) e sociais (educação, saúde) são viabilizadas sem a queima de combustíveis fósseis. Indiretamente, as represas podem impulsionar novos usos ligados ao turismo e lazer, além da valorização imobiliária no entorno delas.



**Figura 8.26** – Embarcação turística entrando na eclusa do represamento de Barra Bonita.

E como vimos, se as barragens forem equipadas com eclusas, favorecem a navegação, o que representa um impacto positivo econômico e também ambiental, já que o consumo de combustível é bem menor se comparado ao modal rodoviário.

---

<sup>37</sup> A respeito do impacto social decorrente do deslocamento da população, ver MAB (Movimento dos Atingidos por Barragens). Disponível em: <[www.mabnacional.org.br](http://www.mabnacional.org.br)>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.

Como funciona uma eclusa?

A eclusa é um tipo de elevador hidráulico usado para permitir que as embarcações transponham uma barragem de montante a jusante e vice-versa, permitindo a navegação ininterrupta. De montante para jusante, a embarcação entra no fosso do elevador que está cheio de água, no mesmo nível da represa. O fosso se fecha e a água começa a ser liberada pelo fundo, até que o nível da água atinja o nível do rio à frente da barragem, quando as comportas se abrem e a embarcação segue navegando rio abaixo. De jusante para montante o processo é exatamente o inverso: a embarcação entra no fosso vazio que, em seguida se fecha. A água da represa começa a entrar por baixo do fosso elevando a embarcação até atingir o nível da represa acima, quando se abrem as comportas liberando a embarcação para seguir viagem. O interessante deste sistema é que realiza um trabalho enorme usando praticamente apenas a energia hidráulica potencial da represa (que se torna cinética quando liberada), sendo altamente sustentável.

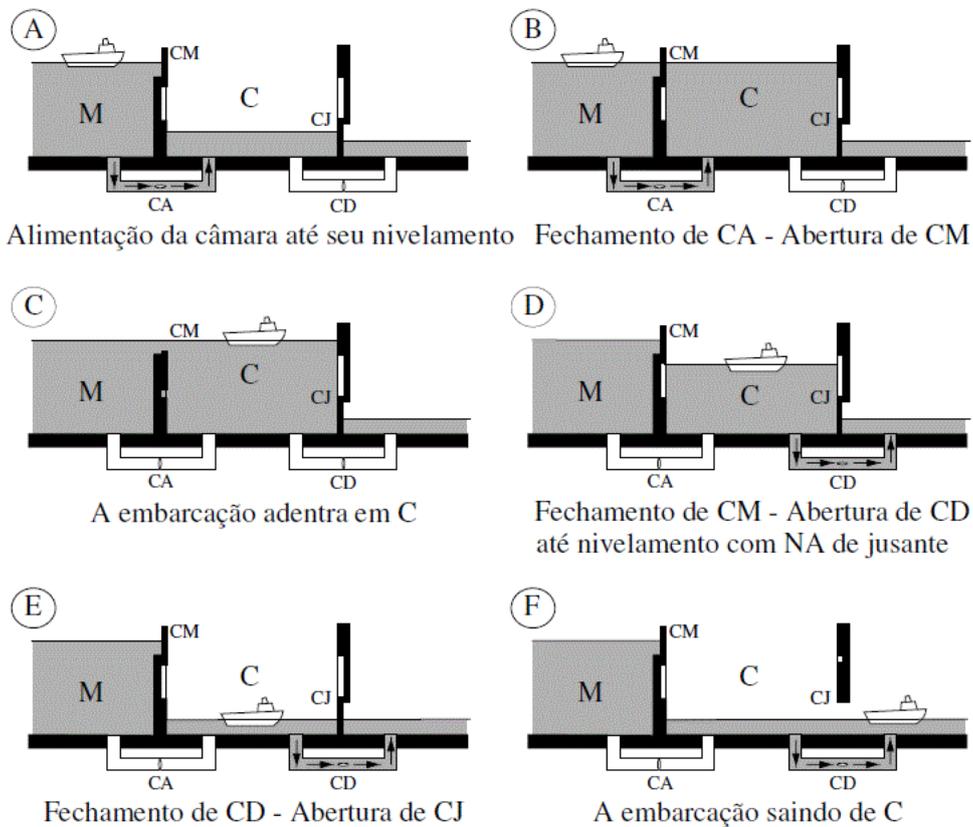


Figura 8.27 – Esquema de funcionamento de uma eclusa.

Ainda no que se refere ao ambiente, as barragens ajudam na recuperação da qualidade da água ao decantarem poluentes e a oxigenarem na passagem pelas turbinas. O rio Tietê (SP), por exemplo, que ainda é bastante poluído na RMSP, tem a qualidade da água aumentada gradativamente na medida em que atravessa as suas seis grandes barragens até desaguar no rio Paraná.



**Figura 8.28** – Lazer no baixo rio Tietê. Após uma sequência de barragens a qualidade da água aumenta.

Os sedimentos que se acumulam a montante das barragens também podem ser usados na construção civil e na fabricação de cerâmicas e tijolos, a depender de sua natureza e qualidade.

No caso das PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas), elas geram menos energia, mas também menos impactos do que as UHEs, já que as áreas de inundação são bem menores. Além disso, as PCHs, ao serem mais bem distribuídas pelo território, são mais eficientes no que se refere à distribuição da energia, pois se encontram sempre mais próximas da demanda. Perde-se energia tanto da rede de transmissão como de distribuição<sup>38</sup>, por isso, quanto menor a distância entre a geração e o consumo menores serão as perdas. A energia produzida em Itaipu, por exemplo, percorre uma

---

<sup>38</sup> As perdas totais variam entre 17,5 e 20%, de acordo, respectivamente, com as seguintes fontes: <[www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801)>, e <[www.oeco.org.br/noticias/26650-brasil-perde-20-de-energia-nas-linhas-de-transmissao](http://www.oeco.org.br/noticias/26650-brasil-perde-20-de-energia-nas-linhas-de-transmissao)>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.

linha de transmissão de cerca de 900 km sustentada por 2 mil torres até chegar à RMSP.

De qualquer forma, é inegável a importância da hidroeletricidade no Brasil. Sempre haverá impactos positivos e negativos e, a priori, não há energia boa ou ruim. Cada empreendimento deve ser analisado dentro do contexto que se situa e quanto aos impactos positivos e negativos que gera<sup>39</sup>.

Vejamos agora como se compõe a matriz elétrica nacional:

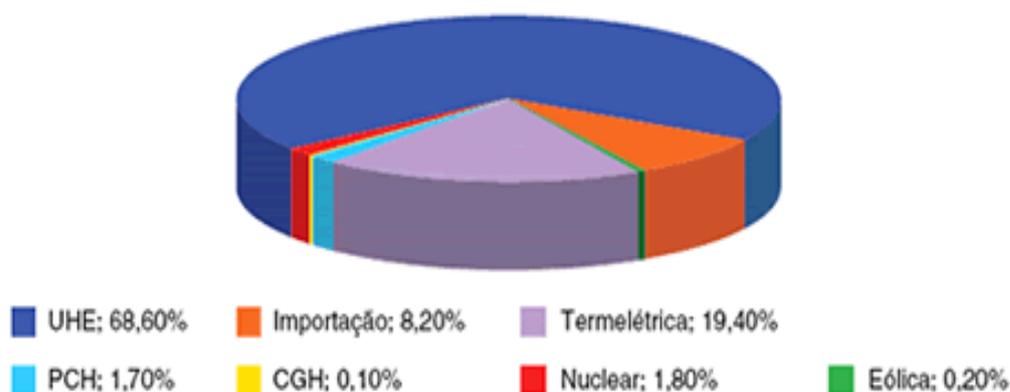


Figura 8.29 – Composição da matriz elétrica nacional. (Fonte ANEEL, 2008)

Como vemos, mais de 70% da energia elétrica consumida no Brasil advém de energia hidroelétrica, o que faz com que a matriz brasileira seja uma das mais limpas do mundo, com baixa emissão de CO<sub>2</sub>, especialmente se comparada às matrizes de países como EUA e China que, embora sejam grandes produtores de hidroeletricidade, este tipo de energia tem menor participação em suas matrizes elétricas.

Outras formas modernas de aproveitamento energético da água, como a maremotriz serão tratadas no Capítulo 9, sobre energias alternativas e não tradicionais.

### 8.3 Dessalinização da água dos oceanos

A dessalinização da água do oceano é praticada há muito tempo e está ligada às antigas navegações, pois as pequenas dimensões dos barcos e o longo tempo das

<sup>39</sup> O que é feito pelos EIA/RIMAs (Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental).

viagens tornavam impossível o transporte de água para todo o percurso, inclusive porque a água disputaria espaço com as mercadorias. A técnica era simples e compreendia ferver a água e condensar o vapor, sem os sais, ou seja, reproduzir o que a natureza faz no ciclo hidrológico. Atualmente, esta reprodução é muito veloz, dadas as novas técnicas que foram criadas, além do aperfeiçoamento das já existentes. Basicamente, a dessalinização se faz por dois principais processos: *térmico*, que se assemelha ao que os navegantes faziam, mas agora em escala industrial; e por *osmose reversa*, quando a água perpassa membranas finíssimas que retêm todo o sal e até mesmo bactérias. Neste caso, mais do que primeiro, a água torna-se destilada, completamente sem sais, imprópria para o consumo humano. Assim, na etapa final, simplesmente adicionam-se à água os sais minerais que ela deve ter para o consumo, como cálcio, sódio, potássio etc., o que aconteceria por processos naturais se a água se infiltrasse nos solos e rochas. Conceitualmente, a água doce está sendo *produzida*, de modo que se torna um *recurso reprodutível*: aquele em que a técnica acelera o processo natural, como ocorre também na agricultura e na mineração.

A dessalinização já é um processo tradicional em algumas regiões do mundo, como na Península Arábica que produz cerca de 70% de toda a água dessalinizada do mundo.



**Figura 8.30** – Vista parcial de usina de dessalinização de porte médio em Sur (Oman), com capacidade de produção de 80mil m<sup>3</sup> de água doce por dia (2012).

De acordo com a IDA (International Desalination Association), a capacidade global de produção de água doce a partir da dessalinização do oceano está em torno de 80 milhões de metros cúbicos por dia, o que é produzido por 17 mil usinas de

dessalinização distribuídas entre 150 países<sup>40</sup>. Esta produção já abastece cerca de 300 milhões de pessoas em todo o mundo. O custo de produção e a demanda de energia são cada vez menores, e a eficiência energética cada vez maior. Em 2001, eram necessários 15kw de eletricidade para se produzir 1 m<sup>3</sup> de água doce dessalinizada. Em 2011, o mesmo metro cúbico já era produzido com apenas 3,5 kw. Algumas usinas funcionam total ou parcialmente com diferentes fontes de energia inesgotáveis, como solar e eólica<sup>41</sup>. Conceitualmente, a combinação da água oceânica (inesgotável) com fonte de energia inesgotável torna a água doce definitivamente inesgotável. O aumento da velocidade desse processo de dessalinização para abastecer um número cada vez maior de habitantes é apenas uma questão de tempo.

Mesmo aqui no Brasil, pesquisadores já criaram membranas capazes de filtrar a água do mar, de forma simples e barata<sup>42</sup>, e a purificação de águas poluídas, por membranas, também já é uma realidade no Brasil<sup>43</sup>. Há estudos recentes que demonstram ser possível tornar potável a água salobra, apenas com filtros simples e energia solar. Considerando que no semiárido nordestino as águas têm alto teor de sal<sup>44</sup> e que, ao mesmo tempo, há grande potencial de energia solar, a dessalinização poderia ser muito adequada para aquela região.

Técnicas diversas que assegurem o abastecimento de toda a população já existem há muito tempo, assim como formas eficientes de gestão. Então, por que ainda há brasileiros sem acesso à água potável?

#### **8.4 O paradoxo brasileiro<sup>45</sup>**

Como um país riquíssimo em recursos hídricos como o Brasil apresenta déficit de acesso à água de qualidade, além de alta incidência de mortalidade infantil ligada à sua má qualidade? Como vimos, o Brasil tem uma disponibilidade hídrica de cerca 35

---

<sup>40</sup> Disponível em: <<http://idadesal.org/desalination-101/desalination-by-the-numbers/>>. Acessado em: 02 de novembro de 2015.

<sup>41</sup> Na *Kwinana Desalination Plant* na Austrália, 48 geradores eólicos conseguem produzir 20% de toda a água potável consumida na cidade de Perth.

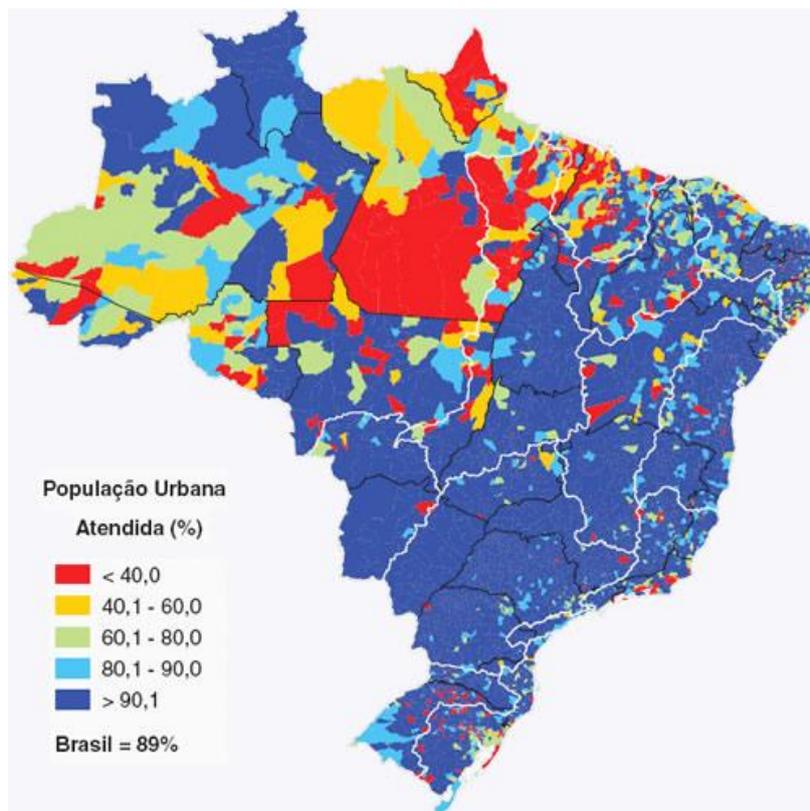
<sup>42</sup> Disponível em: <[www.usp.br/agen/?p=179330](http://www.usp.br/agen/?p=179330)>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.

<sup>43</sup> Como é o caso do sistema de reuso da Recap, citado anteriormente.

<sup>44</sup> Nas regiões onde a evaporação é maior do que a precipitação, as águas e os solos tendem a se salinizar, já que a maior parte dos sais não evapora, acumulando-se.

<sup>45</sup> Em referência ao artigo de Rebouças (2003).

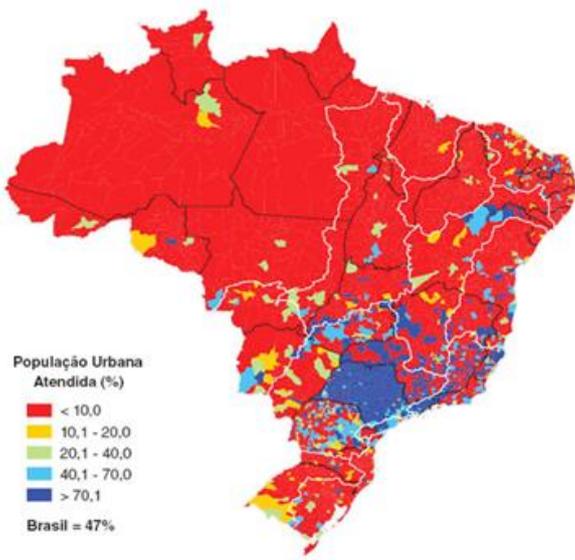
mil m<sup>3</sup>/hab/ano, sendo um dos mais ricos do mundo. Apesar disso, 40 milhões de pessoas não recebem água de forma regular e cerca de 11 milhões ainda não tem acesso sequer à água limpa para beber. Em determinadas regiões do país este paradoxo é ainda mais marcante, como na região Norte, que possui a maior bacia hidrográfica do mundo (Além do aquífero Alter do Chão), mas com acesso à água restrito, como mostra a figura 8.31, caracterizando o que definimos anteriormente como *crise hídrica gerencial*.



**Figura 8.31** – O menor acesso à água potável (população urbana) está na região Norte, que é onde há mais água, não só no Brasil, mas no mundo. Fonte: ANA-SNIS

O serviço de abastecimento de água abrange 4.519 municípios brasileiros, (81,2% do total de 5.565) atendendo a 97,1% da população urbana do país<sup>46</sup>. Mas este dado deve ser analisado juntamente com os dados de saneamento básico. A figura 8.29 mostra a precariedade do sistema de coleta de esgoto, que abrange apenas 47% da população brasileira. Deste total, muito pouco é realmente tratado.

<sup>46</sup> Dados do SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2006).



**Figura 8.32-** Atendimento urbano da rede coletora de esgotos. Fonte: ANA

Esta combinação de muita água e pouco saneamento pode ser ilustrada pela figura 8.33.



**Figura 8.33** – Periferia de Manaus (AM). Muita água e pouco saneamento.

Agora observe o gráfico que mostra o volume de esgoto produzido em relação ao coletado e ao que é realmente tratado. Na maioria das regiões hidrográficas brasileiras o volume de esgoto com algum tratamento é muito baixo e, em algumas, praticamente inexistente.

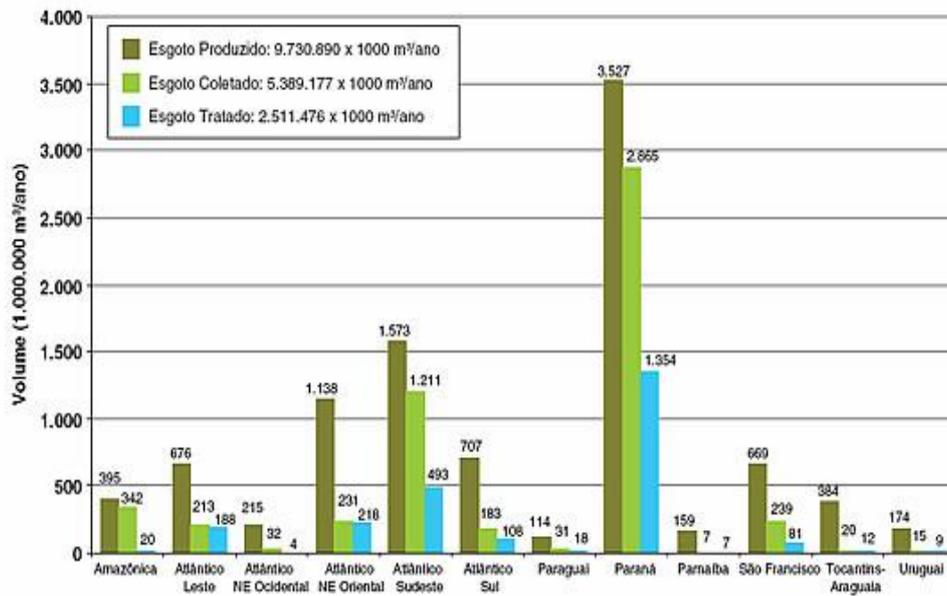


Figura 8.34 - Volumes de esgoto produzido, coletado e tratado, por Região Hidrográfica. Fonte: ANA

Isto explica o paradoxo brasileiro. A falta de tratamento de esgoto implica na contaminação das águas e no acesso ainda não universalizado à água potável de qualidade, sobretudo em áreas rurais. Obras de saneamento são caras, mas estima-se que cada dólar investido em saneamento básico equivale a uma redução de quatro a cinco dólares em despesas médicas.

### 8.5 São Pedro: procura-se vivo ou morto.

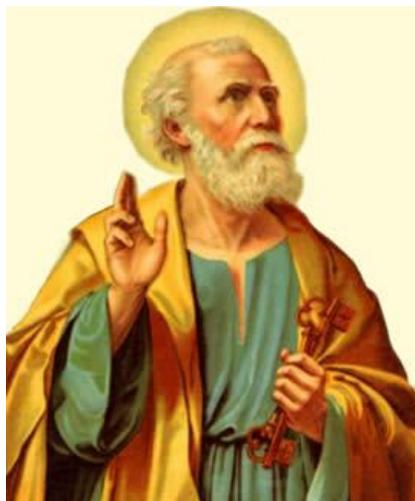


Figura 8.35 – São Pedro: o álibi da gestão pública.

A responsabilidade pela falta de água e também pelas enchentes é com frequência transferida para entidades celestes como São Pedro, e para a própria natureza. Se falta água, é porque choveu pouco; se inunda, é porque choveu muito<sup>47</sup>. Com frequência o menino Jesus (El Niño)<sup>48</sup> também é invocado para dar explicações sobre fenômenos adversos. E atualmente, o aquecimento global tornou-se mais um aliado da gestão pública ineficiente. Para os responsáveis pelo abastecimento da população e controle das enchentes, é mais cômodo apelar para esses coringas do que fazer o que deve ser feito, ou seja, criar a infraestrutura necessária tanto para assegurar o abastecimento como para a contenção de enchentes. Tomando o exemplo de São Paulo, a estiagem de 2014 não teria ocorrido se todos os sistemas de abastecimento tivessem maior capacidade de tratamento, para que um supra o outro quando necessário, por meio de conexões entre eles; se as enormes perdas na distribuição (25,7% de toda a água produzida em 2012 em São Paulo) fossem corrigidas; se já houvesse equipamentos para o uso do volume morto<sup>49</sup> dos reservatórios. Se as águas da represa Billings, dos rios Tietê, Pinheiros, entre outros não estivessem poluídas e pudessem também ser usadas para abastecimento, ou se houvesse a capacidade de trata-las para adicioná-las na rede.

Oras, há muitas regiões do mundo onde chove muito e não inunda; outras onde chove pouco e não há racionamento. Os deuses dessas regiões seriam mais generosos ou os gestores mais eficientes? De fato, este é mais um caso de crise hídrica gerencial.

## **8.6 Transposição do rio São Francisco**

Na região Nordeste ocorre a maior escassez hídrica natural do país, pois esta região dispõe de apenas 3% dos recursos hídricos nacionais, enquanto abriga 28% da população brasileira (caracterizando também o estresse hídrico). Por séculos, seus habitantes ficaram à mercê do clima e da chegada de caminhões pipa, não raro em

---

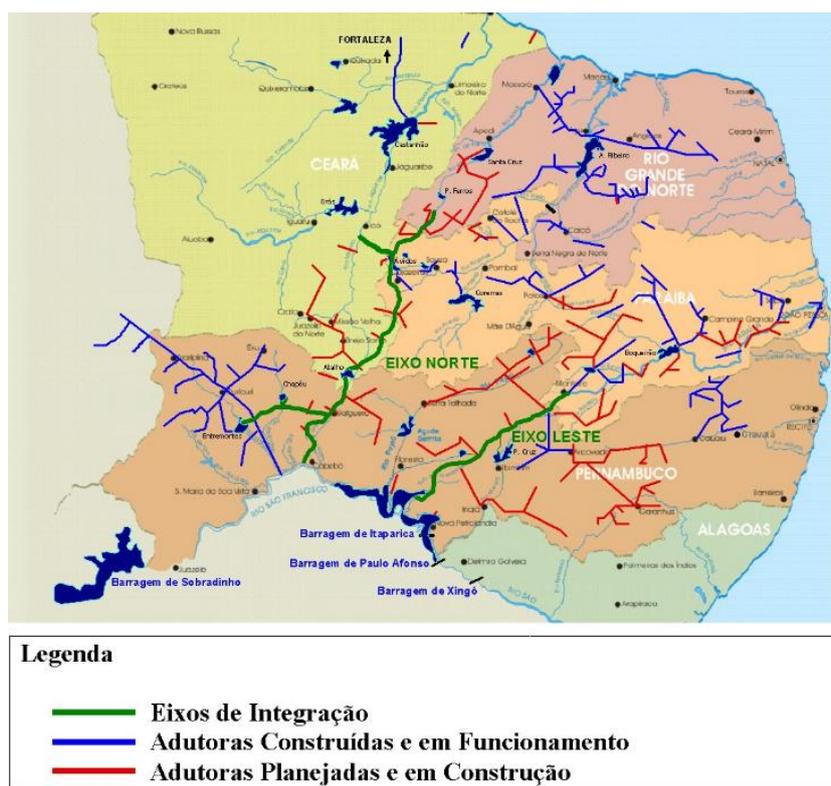
<sup>47</sup> As planícies fluviais, de inundações (várzeas) são inapropriadas para ocupação pois inundam com frequência, o que já é conhecido desde a antiguidade. No entanto, a maior parte das populações afetadas por inundações habitam essas planícies. (Vide favela Pantanal em São Paulo).

<sup>48</sup> O nome "El Niño" faz referência ao menino Jesus, pois os pescadores peruanos observaram que este fenômeno iniciava-se próximo ao natal.

<sup>49</sup> A parte do reservatório que fica abaixo do alcance das bombas de sucção.

troca de favores políticos<sup>50</sup>. Esse quadro de insegurança hídrica e vulnerabilidade social, no entanto, deve se reverter ou pelo menos ser amenizado com algumas ações do governo: o Programa Cisternas, visto anteriormente, e a transposição do rio São Francisco, um projeto antigo, mas que só atualmente está sendo empreendido. Trata-se da maior obra de infraestrutura hídrica do país que deve beneficiar mais de 12 milhões de habitantes de 390 municípios dos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.

Retirando-se apenas 3,5% da vazão média do rio São Francisco ( $63,5\text{m}^3/\text{s}$  da vazão total de  $1.850\text{m}^3/\text{s}$ )<sup>51</sup>, o projeto deve transportar a água por centenas de quilômetros de canais e adutoras, aumentando a vazão de diversas bacias regionais (algumas intermitentes), recuperando e enchendo açudes e novos reservatórios, assegurando uma oferta de água de cerca de  $6\text{ m}^3$  por segundo em todo o sistema.



**Figura 8.36** – Mapa dos eixos e adutoras da transposição do rio São Francisco: a maior obra de infraestrutura hídrica do país.

<sup>50</sup> Pesquise também sobre “A indústria da Seca”.

<sup>51</sup> Segundo o RIMA – Relatório de Impacto Ambiental, disponível em: [www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=e5f7379a-3441-459f-b93c-640376a49bd9&groupId=10157](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=e5f7379a-3441-459f-b93c-640376a49bd9&groupId=10157). Acesso em: 14 de setembro de 2015.

O projeto estrutura-se em dois eixos de redes de distribuição: o Norte e o Leste, este último captando água da represa de Itaparica, como mostra a figura 8.33. Além dos canais e adutoras, a obra contempla a construção de 27 novos reservatórios, catorze aquedutos, além de quatro túneis e nove estações de bombeamento para vencer as elevações do relevo, que chegam a 300 m no eixo Leste e 180 m no eixo Norte.

O projeto envolveu diversas críticas que versam sobre os impactos ambientais, os custos, o destino da água, sua qualidade etc. Os argumentos de defesa alegam que os benefícios sociais, econômicos e mesmo ambientais (pois o projeto também prevê revitalização de trechos poluídos) superam em muito os impactos da obra. Além disso, diferentemente de um programa de governo que pode mudar ou ser interrompido com a mudança dos governantes, a obra é permanente e representa uma solução definitiva para a insegurança hídrica dos nordestinos, bastando para isso ser bem gerida.

## **8.7 Perspectivas**

A água nunca vai acabar no mundo, por mais que isso contrarie as expectativas dos fatalistas. Enquanto as forças da natureza funcionarem (energia solar, evaporação, precipitação) os oceanos abastecerão os continentes continuamente. O que há e pode continuar havendo são populações afetadas por estiagem em certas regiões, como decorrência de uma concentração de demanda mal planejada ou por falta de acesso à água onde ela existe, pela incapacidade de gerenciar-la adequadamente, como no Amazonas e na RMSP (crise hídrica gerencial). E associar em eventual esgotamento da água (o que seria impossível) com conflitos entre nações completa o raciocínio malthusiano desprovido de base científica<sup>52</sup>. Na história, não há registros de nações guerreando por água e as mais de 260 bacias internacionais são reguladas por acordos e tratados de cooperação. A probabilidade de isso ocorrer torna-se cada vez menor, já

---

<sup>52</sup> Para saber mais sobre a perspectiva contrária ao binômio escassez-conflito, consultar VENTURI (2012).

que, além dos acordos internacionais<sup>53</sup>, em diversas partes do globo as soluções técnicas e de planejamento têm se mostrado cada vez mais eficientes e muito mais baratas do que eventuais conflitos bélicos. Nas regiões de maior escassez hídrica esta possibilidade é ainda menor, já que não há o que ser disputado (como no Golfo Pérsico). O que existe são conflitos internos por disputa ao acesso da água, os quais podem ser mais violentos ou de cunho mais político e diplomático. Rugas em torno da água são usadas como bandeiras políticas, como a recente polêmica entre os governos paulista e carioca em torno das águas do rio Paraíba do Sul, resultado da falta de visão sistêmica que nos ensina que uma bacia hidrográfica deve ser gerida no seu conjunto, independentemente das fronteiras políticas. Outro aspecto preocupante que merece atenção são as privatizações da gestão da água que começam a ocorrer pelo mundo<sup>54</sup>. Entretanto, a verdadeira guerra que se coloca a todos se refere aos milhões de pessoas que, por falta de investimentos e planejamento adequado (e não por falta de água), ainda não têm acesso à água potável.

---

### **Proposta de atividades**

- 1) Pesquise e compare o preço médio de um metro cúbico de água produzido no Brasil com o de um metro cúbico de água dessalinizada.
- 2) Detalhe melhor a relação que existe em acesso à água potável e o tratamento de esgoto.
- 3) Compare a matriz elétrica do Brasil com a dos outros países do BRICS (Rússia, Índia, China e África do Sul).
- 4) Pesquise na mídia discursos de políticos que atribuem as estiagens ou as enchentes a fatores naturais. Use pelo menos dois exemplos.

---

<sup>53</sup> A esse respeito, ver WOLF, Aaron T. *Atlas of International Freshwater Agreements*. Oregon: UNEP/FAO/OSU, 2002. Disponível em: <[www.transboundarywaters.orst.edu/publications/atlas/index.html](http://www.transboundarywaters.orst.edu/publications/atlas/index.html)>. Acesso em: 14 de setembro de 2015.

<sup>54</sup> A este respeito, consultar RIBEIRO, W. C. *Geografia Política da Água*. São Paulo: Ana Blumme, 2008.

## Bibliografia

CAMP, W.G.; HEATH-CAMP, B. (2009) *Managing our natural resources*. 5 ed. New York: Delmar.

MAUSER, Wolfram (2009). *Water Resources: efficient, sustainable and equitable use*. London, Hans Publishing Ltd.

MMA; ANA; PNUMA (2007). GEO Brasil : recursos hídricos : resumo executivo.

Disponível em:

<<http://arquivos.ana.gov.br/wfa/sa/GEO%20Brasil%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20Resumo%20Executivo.pdf>>. Acesso em: 02 de novembro de 2015.

REBOUÇAS, A. (2003) O paradoxo brasileiro. *Revista Le Monde Diplomatique*, n.3. São Paulo.

REBOUÇAS, A. (2004) *Uso inteligente da água*. São Paulo: Escrituras Editora.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S.F. (2011) Técnicas de Hidrografia. In: VENTURI, L.A.B. *Geografia – práticas de campo, laboratório e sala de aula*. São Paulo: Ed. Sarandi.

TEIXEIRA, W. e outros (2000). *Decifrando da Terra*. S. Paulo: Oficina de Textos.

VENTURI, Luis Antonio Bittar (2012). *Oriente Médio: o compartilhamento e a tecnologia revertendo a perspectiva de escassez hídrica e conflitos*. 2012. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em:

<[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/8/tde-14032013-104333/](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/8/tde-14032013-104333/)>.

Acesso em: 14 de setembro de 2015.