

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA  
MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL DE CURSO**



**ÁGUA: COMO LIDAR COM ESSE  
RECURSO NOS DIAS ATUAIS**

**Aluna: Érica Andrade Carvalho Mendez**

**Orientador: Júlio Carlos Afonso**

**JULHO DE 2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

# **ÁGUA: COMO LIDAR COM ESSE RECURSO NOS DIAS ATUAIS**

**ÉERICA ANDRADE CARVALHO MENDEZ**

**Monografia apresentada como  
exigência parcial à conclusão do  
curso de Licenciatura Plena em  
Química da Universidade Federal do  
Rio de Janeiro**

**JULHO DE 2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

***FOLHA DE APROVAÇÃO***

**Curso: Licenciatura em Química**

**Licenciando: Érica Andrade Carvalho Mendez**

**Orientador: Prof. Júlio Carlos Afonso**

**Título da Monografia: Água: como lidar com esse recurso nos dias atuais**

**BANCA EXAMINADORA:**

.....  
**Nilce Carbonel Campos da Rocha, DQA/IQ/UFRJ**

.....  
**Rosiane Denofre Ventura da Silva (CENPES/Petrobras)**

“O Brasil que precisamos construir,  
com oportunidade para todos, depende do êxito de nossos  
esforços no campo da educação”

GONZAGA DA GAMA FILHO

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por tudo, do início ao fim; pela família que deu para amar, pelos amigos que de alguma forma contribuíram neste trabalho e também na minha vida, pelo companheirismo e apoio; aos colegas de trabalho pelo ânimo em continuar seguindo em frente; ao Professor Júlio pela paciência e disponibilidade em aceitar participar deste desafio e a todos que torceram por mim.

## RESUMO

Esta monografia tem por objetivo dar um panorama geral da situação atual dos recursos hídricos, indo desde a sua caracterização como substância até como lidar com a escassez desse recurso na sala de aula.

A água é composta por dois átomos de hidrogênio de um de oxigênio ligados covalentemente. Em condições ambientes é um líquido incolor, inodoro e insípido; congela a 0 °C e ferve a 100 °C a pressão de 1 atm; ela pode ser encontrada em abundância na natureza nos três estados físicos da matéria.

De toda água encontrada, somente 1 % é própria para o consumo humano e está distribuída de forma desigual: onde há uma elevada e crescente concentração demográfica, há menos água potável disponível. A poluição das fontes faz com que se aumente essa escassez. Por causa desse quadro, pode haver conflitos no futuro.

Uma solução aparente para a escassez é a utilização das águas subterrâneas que, a princípio, está livre de contaminações e é um recurso muito mais conservador, já que são recarregadas com a manutenção do ciclo hidrológico, porém este está se alterando devido às constantes alterações climáticas.

A química da água é única: é um bom solvente, tem a capacidade de reagir com solutos produzindo soluções ácidas, neutras e alcalinas; altera a cinética das reações e pode ser utilizada como insumo e reagente. Devido a essa capacidade de interação com outras substâncias, a água encontrada na natureza, e até aquela produzida em laboratório, pode ter vários graus de pureza.

O brasileiro precisa estar cada vez mais consciente de que a água é um recurso finito e que precisa ser conservado, reutilizado e empregado com critério; prova disso são as leis e normas que especificam como essas atividades devem ser realizadas.

Dentro desse contexto, a escola tem um papel fundamental na conscientização dos alunos de que melhor ainda do que reciclá-la e reutilizá-la, é reduzir a quantidade de água utilizada nas mais diversas atividades dentro e fora da sala de aula.

## SUMÁRIO

<b>1) CONCEITOS BASICOS</b>	<b>10</b>
1.1) O que é a água?	10
1.2) Distribuição na Terra	13
1.3) Acesso à população	15
<b>2) QUESTÕES SÓCIO-POLÍTICAS LIGADAS A ÁGUA</b>	<b>16</b>
2.1) Conflitos devido a água	16
2.2) Contaminação de fontes	18
2.3) Os aquíferos: soluções até quando	21
2.4) As alterações climáticas e o ciclo da água	24
2.5) Consumo da água pelo seguimento industrial, agrícola e domestico	26
<b>3) A ÁGUA NA QUÍMICA</b>	<b>28</b>
3.1) Solvente universal	28
3.2) As teorias em função do meio aquoso	29
3.3) Água, reagente ou insumo?	33
3.4) Diferentes graus de pureza da água	34
3.5) A preocupação com o uso racional da água	37
3.5.1) A idéia de recurso inesgotável	38
3.5.2) O descarte de efluentes hídricos sem tratamento	39
<b>4) O DESAFIO DE ENQUADRAR A ÁGUA COMO RECURSO NATURAL LIMITADO NAS AULAS DE QUÍMICA</b>	<b>46</b>
4.1) Água de reuso	46
4.2) Água da chuva	48
4.3) Limpeza de material	52
<b>5) CONCLUSÃO</b>	<b>54</b>
<b>6) BIBLIOGRAFIA</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DAS FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ângulo de ligação entre os átomos de H e O na água	10
<b>Figura 2:</b> Distribuição da água no planeta	13
<b>Figura 3:</b> Distribuição dos recursos hídricos	14
<b>Figura 4:</b> Escassez da água	15
<b>Figura 5:</b> Aquífero Guarani	23
<b>Figura 6:</b> Ciclo Hidrológico	25
<b>Figura 7:</b> Representação de um lixão	44
<b>Figura 8:</b> Esquema de reutilização da água de chuva	51



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Níveis de qualidade mínimos exigidos para a classificação da água	36
<b>Tabela 02:</b> Distribuição da água potável no Brasil	48

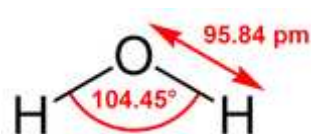
## CAPÍTULO 1

### CONCEITOS BÁSICOS

#### 1.1) O que é a água?

A molécula da água é composta por um átomo de oxigênio e dois de hidrogênio, ligados covalentemente entre si, formando um ângulo de  $104,5^\circ$  entre o átomo de hidrogênio e oxigênio, conforme Figura 1. Para os químicos a água ainda pode ser designada como hidróxido de hidrogênio, monóxido de di-hidrogênio ou ainda protóxido de hidrogênio. <sup>1</sup>

A água é uma das substâncias mais importantes para a vida no globo terrestre.

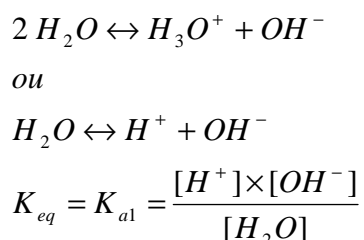


**Figura 1:** Ângulo de ligação entre os átomos de H e O na água

Em condições ambientes, a água tem as seguintes características físicas: é um líquido visualmente incolor (em pequenas porções), inodora e insípida. Quando a temperatura chega a  $0^\circ\text{C}$  a pressão de 1 atm, a água congela, definindo assim seu ponto de fusão “normal”, e quando a temperatura atinge  $100^\circ\text{C}$  na mesma pressão, tem-se seu ponto de ebulição, dito “normal”. <sup>2</sup> A escala centígrado (ou Celsius) é uma das escalas termométricas cujos pontos fixos são definidos com base na água.

A água é primariamente um líquido nas condições ambientes, podendo passar pelos outros dois estados físicos (gasoso e sólido). Isso se dá por causa da diferença de eletronegatividade entre o oxigênio e o hidrogênio, contradizendo os hidretos análogos do grupo 16 da tabela periódica, que são gasosos nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP):  $H_2S$ ,  $H_2Se$  e  $H_2Te$ . Essa diferença de eletronegatividade confere ao oxigênio uma carga formal negativa e ao hidrogênio uma carga formal positiva, formando um dipolo. A atração elétrica devida a esse dipolo aproxima as moléculas de água, tornando mais difícil separá-las e, por conseqüência, elevando o ponto de ebulição. Essa atração é conhecida como ligação por ligação de hidrogênio.<sup>2</sup>

A água pode ser vista como um líquido polar que se dissocia minimamente num íon hidrônio ( $H_3O^+_{(aq)}$ ) e um íon hidroxila ( $OH^-_{(aq)}$ ) associado. Para o equilíbrio



medidas experimentais dão o valor da constante de equilíbrio como sendo  $2 \times 10^{-16}$

M. Como a concentração da água praticamente não se modifica ( $\frac{1000}{18} = 55,6 \text{ mol/L}$ ),

o produto  $[H^+] \times [OH^-] = 1,0 \times 10^{-14}$ , a 25 °C; este é o chamado produto iônico da água.

A água está em equilíbrio dinâmico entre os estados líquido, sólido e gasoso nas condições ambientes de temperatura e pressão, e é a única substância pura

encontrada naturalmente na Terra com essa característica e em abundância nos três estados básicos da matéria.

O gelo, forma sólida da água (densidade 0,91 g/mL), flutua sobre ela, comprovando que a água sólida é menos densa que a água líquida. Essa é uma propriedade característica da água e extremamente importante. À temperatura ambiente, a água líquida fica mais densa à medida que diminui a temperatura, da mesma forma que as outras substâncias. Mas a 4 °C (3,98 °C, mais precisamente), logo antes de congelar, a água atinge sua densidade máxima e, ao aproximar-se mais de seu ponto de fusão, a água, sob condições normais de pressão, expande-se e torna-se *menos densa*. Isso se deve à estrutura cristalina do gelo, conhecido como gelo I<sub>h</sub> hexagonal. Essa propriedade garante a vida submarina nas áreas mais geladas do planeta.<sup>2</sup> E isso também explica porque os icebergs flutuam na água e porque a água superficial de rios e lagos congela no inverno, enquanto que o fundo desses corpos hídricos está no estado líquido (pois o material menos denso flutua sobre o de densidade maior).

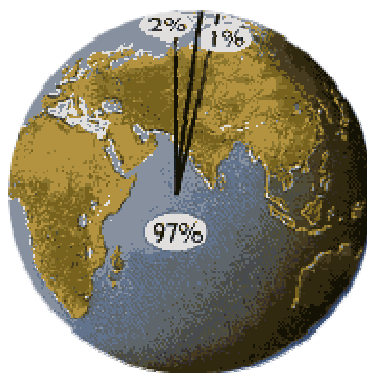
Outra consequência das ligações hidrogênio para as propriedades da água é que ela possui o segundo maior calor específico (4,18 kJ/mol), perdendo apenas para a amônia. Essa propriedade faz com que a temperatura terrestre não tenha grandes variações, juntamente com a da água de mares, rios, etc.<sup>2</sup>

A entalpia específica de fusão da água é 333,55 kJ.kg<sup>-1</sup> a 0 °C. Das substâncias comuns, só a da amônia é mais alta. Essa propriedade dá às geleiras e ao gelo marinho (como o do Ártico) resistência ao derretimento. Antes do advento da

refrigeração mecânica, era comum o uso de gelo para retardar a deterioração dos alimentos.<sup>2</sup>

## 1.2) Distribuição na Terra

A distribuição da água na superfície terrestre (Figura 2) é de 97% nos oceanos e mares, isto é, água salgada, imprópria para o consumo humano; 2% estão localizadas nas geleiras e somente 1% é de água própria e disponível de imediato para o consumo.<sup>3</sup>



**Figura 2:** Distribuição da água no planeta

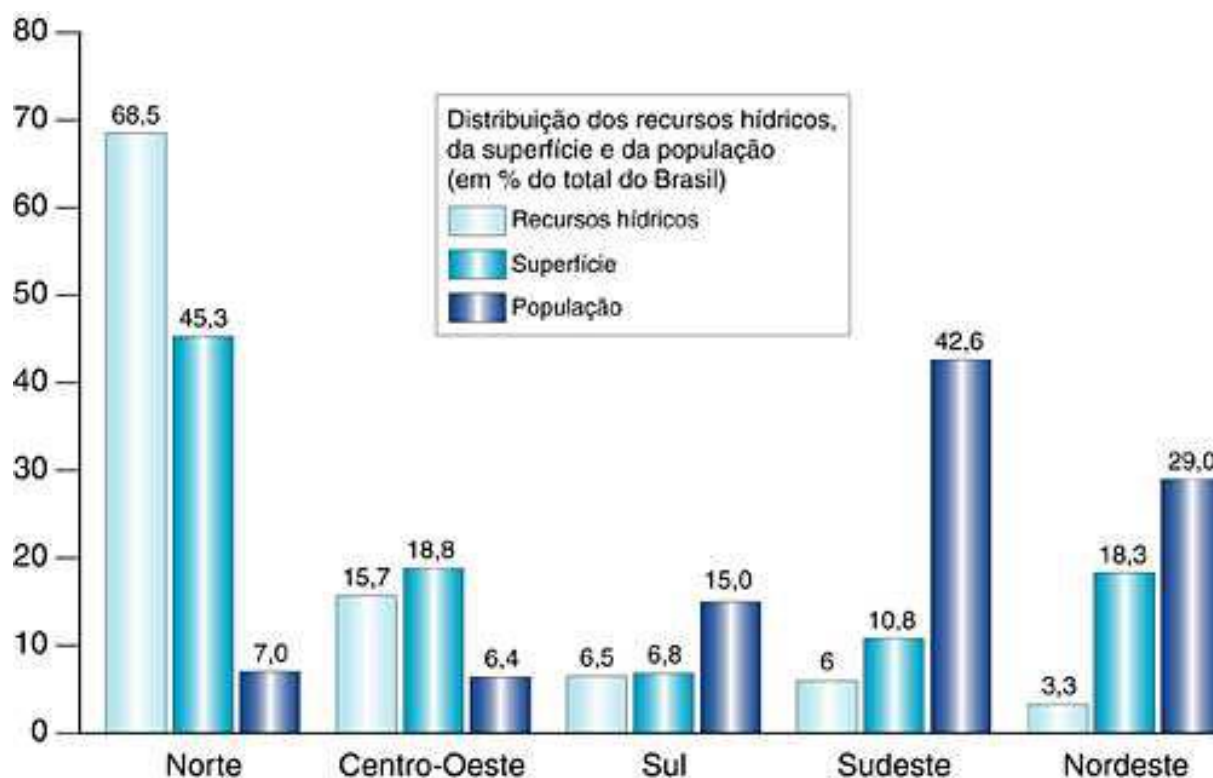
Em contrapartida, esse 1% não está uniformemente distribuído no planeta<sup>4</sup>:

- África: 10,00 %
- América do Norte: 18,00 %
- América do Sul: 23,10 %
- Ásia: 31,60 %
- Europa: 7,00 %
- Oceania: 5,30 %
- Antártida: 5,00 %

O Brasil é um país privilegiado, possui cerca de 14% de toda a água doce disponível no planeta, possuindo uma das maiores redes hidrográficas do mundo, além de extensas reservas de água subterrânea.<sup>5</sup>

Mesmo com toda essa água, sua distribuição no país (Figura 3), como acontece no mundo, não é homogênea<sup>5</sup>:

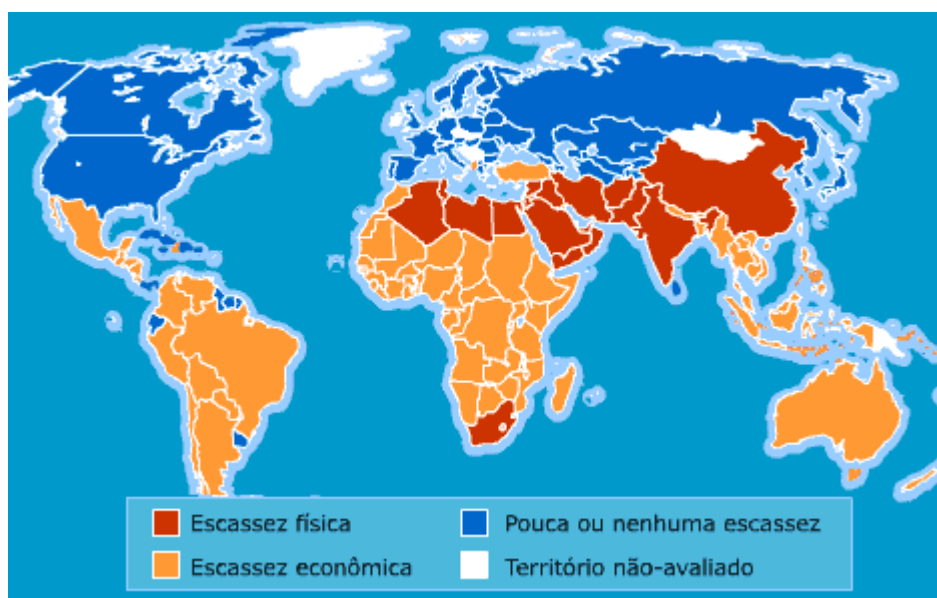
- 70% estão na Amazônia, região com menos de 7% da população nacional,
- 15% no Centro-Oeste,
- 6% no Sul
- 6% no Sudeste
- 3% no Nordeste, sendo dois terços destes localizados na bacia do rio São Francisco.



**Figura 3:** Distribuição dos recursos hídricos

### 1.3) Acesso à população

O acesso da população à água é cada vez mais precário devido à degradação das suas fontes potáveis e o crescimento populacional do planeta (Figura 4). Mais de um sexto da população mundial não tem acesso e fornecimento de água, e uma pessoa em cada três vive em regiões atingidas pela escassez de água, segundo a ONU. A situação piora quando se trata de saneamento básico: 39% da população mundial não tem seu esgoto doméstico devidamente tratado.<sup>6</sup>



**Figura 4:** Escassez da água

O despejo de efluentes domésticos e industriais nos rios; a contaminação difusa pelo uso de fertilizantes e pesticidas na área agrícola; a degradação do solo na área rural pelo desmatamento e práticas agrícolas inadequadas; construção de obras hidráulicas; operações de aterros sanitários; contaminação de aquíferos e mineração também prejudicam o acesso da população à água, pois são atividades que contaminam as reservas de água potável.

## CAPÍTULO 2

### QUESTÕES SÓCIO-POLÍTICAS LIGADAS À ÁGUA

#### 2.1) Conflitos devido à água

A água doce é um recurso essencial para a agricultura, atividades industriais, fornecimento de energia e é garantia das condições de vida e de saúde. Devido a sua importância e distribuição desigual no globo terrestre, mais de 40% dos países encontram-se em áreas de estresse hídrico<sup>7</sup>. Pelo menos 20 países já sofrem com a escassez de água: Egito, Kuwait, Arábia Saudita, Israel, Argélia e Bélgica são exemplos dessa situação.

Hoje há uma grande preocupação em relação à falta d'água, que já é realidade para um terço da população mundial. A expectativa para 2025 é que a população chegue a oito bilhões de pessoas. Se forem mantidos os atuais níveis de consumo, o planeta rumará para uma escassez crônica de água em determinadas áreas que poderá transformá-la em causa de conflitos entre países e de convulsões sociais internas. A água potável seria insuficiente para a demanda global da humanidade.<sup>8</sup>

O Oriente Médio tem abundância em petróleo, mas em compensação, só possui 1% da água doce renovável do planeta para abastecer 5% da população mundial. A região sofre com conflitos históricos e a escassez de água é uma causa



potencial de conflitos armados. A Guerra dos Sete Dias (em 1967), que opôs Israel e países árabes vizinhos, foi um exemplo do que pode vir no futuro.<sup>9</sup>

Cerca de 260 bacias hidrográficas (formadas por dois ou mais rios) atravessam as fronteiras de 145 países do mundo: uma mesma reserva de água é disputada por dois ou mais países. 13 bacias dividem-se entre cinco ou mais países. Por exemplo: na Europa, 17 países compartilham a água do rio Danúbio; na Ásia, quatro compartilham a do rio Mekong.

Nessas situações, o país onde se localiza a nascente ou está mais próximo delas (a montante) pode retirar mais água ao longo do tempo e construir represas; em consequência, a quantidade que chega aos demais países (a jusante) é menor.

Outro fator importante relativo a conflitos devidos a recursos hídricos é o desequilíbrio entre a população e os níveis necessários de água doce para satisfazer suas necessidades, produzindo conflitos a nível local. Na Etiópia há conflitos entre tribos disputando direito de pastagem ou sobre propriedades de poços.<sup>7</sup>

Quando países se dissolvem, como o que aconteceu na partilha da antiga União Soviética, os recursos hídricos também são partilhados, onde uma bacia de um rio se transforma numa bacia compartilhada entre vários países.

## 2.2) Contaminação de fontes

Além do aumento da população mundial, outro fator que afeta a demanda de água doce é a contaminação de suas fontes.

Essa contaminação pode ser oriunda da agricultura, do esgoto doméstico, do lixo urbano, da atividade industrial, da pecuária, da mineração e da contaminação do solo e mesmo conflitos (guerras).

Os conflitos têm efeitos diretos na qualidade da água. Durante o período de genocídio em Ruanda (anos 1980) corpos foram jogados em riachos, poços e rios, transformando-se em foco de doenças infecciosas. O rio Danúbio também foi poluído durante os conflitos da antiga Iugoslávia. Há casos em que barragens são atingidas por bombardeios aéreos, deixando a água imprópria para o consumo humano.<sup>7</sup>

A grande utilização de fertilizantes químicos e pesticidas na agricultura moderna tem como uma de suas consequências a poluição dos solos e das águas superficiais e subterrâneas. Esse tipo de contaminação atinge diretamente rios e lagos próximos de onde são aplicados e se dá por substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas e ainda por agentes biológicos. Amplamente empregadas, muitas vezes de forma inadequada, as aplicações de defensivos, de fertilizantes e/ou de resíduos derivados da criação intensiva de animais são tidos como as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais.

Rios, lagos, represas e açudes podem receber grandes quantidades de nutrientes, principalmente em regiões de solos desprotegidos. Juntamente com as partículas arrastadas pela água durante o escoamento superficial ou em outros processos erosivos, os nutrientes presentes na superfície do solo são perdidos das áreas agrícolas e atuarão como contaminantes da água. Uma das consequências desse fato é a eutrofização dos corpos d'água, levando ao seu esgotamento em pouco tempo.<sup>10</sup>

Em um primeiro momento, as águas subterrâneas se encontram mais protegidas da contaminação, mas esta ocorre quando a água da chuva ou de irrigação, ao percolar o solo, arrasta consigo substâncias dissolvidas (processo de lixiviação) que poderão ter como destino final o lençol freático ou os aquíferos profundos. Em função da interação característica dos nutrientes em formas iônicas com a fase sólida do solo, a natureza do nutriente e os atributos químicos e físicos do solo são os principais fatores que condicionam a movimentação de um dado nutriente em profundidade e, conseqüentemente, o seu potencial de contaminação.

As cidades concentram o maior número de pessoas e a maioria das indústrias e, por conta disso, há um elevado consumo de água e, conseqüentemente, uma infinidade de fontes poluidoras, tanto na forma de esgoto doméstico como de efluentes industriais.

Geralmente, as indústrias contaminam a água com metais pesados e produtos químicos: zinco, cádmio e chumbo são alguns metais encontrados na Baía

de Sepetiba por causa de vazamento de barragem de contenção de resíduos de uma empresa (Ingá), hoje falida, quando do período de chuvas. <sup>11</sup>

Em março de 2006, houve um vazamento da barragem de uma mineradora, localizada em Minas Gerais, onde foram despejados 400 milhões de litros de lama de argila misturada com óxido de ferro e sulfato de alumínio, poluindo o rio Fubá, comprometendo o abastecimento de água potável no norte e noroeste fluminense. <sup>12</sup>

O processo de urbanização, a Favelização, a ocupação das faixas marginais, o lançamento de esgoto sem tratamento e de lixo são também grandes fontes poluidoras. As fontes do Parque da Tijuca são um exemplo dessa contaminação. <sup>13</sup>

A pecuária e a avicultura também são outros vilões da boa qualidade da água. Seus resíduos, como restos de ração, sangue e pedaços de vísceras, são despejados nos corpos de água sem qualquer tratamento, causando a contaminação.

A grande preocupação com a contaminação de rios pela atividade de mineração é a utilização do mercúrio, que é utilizado para retirar o ouro do minério bruto. O mercúrio, uma vez no meio ambiente, é absorvido pelos peixes que são consumidos pelas pessoas, que podem vir a apresentar problemas no sistema nervoso central. <sup>14</sup>

Um tipo de contaminação que tem acontecido com certa frequência é a ocasionada pelos vazamentos de óleos ocorridos em estaleiros e provocados por navios petroleiros.<sup>15</sup>

No Brasil são coletadas mais de 150 mil toneladas de lixo diariamente. Cerca de 50% desse lixo é constituído de matéria orgânica, principalmente restos de comida. De todo o lixo coletado, 59% são lançados em lixões a céu aberto, aterros irregulares, rios e alagados. Estima-se que 45 mil toneladas de matéria orgânica seja lançada no meio ambiente sem qualquer tipo de tratamento.

O perigo do lançamento de matéria orgânica no meio ambiente sem tratamento está em sua decomposição que, além das emanações de gases do efeito estufa (dióxido de carbono e metano), gera um líquido chamado chorume. Esta é uma das substâncias mais nocivas ao meio ambiente por causa de sua biodegradabilidade reduzida e possuir alto teor de metais pesados. O chorume é capaz de penetrar no solo e contaminar as águas subterrâneas e mananciais.

Além das fontes de contaminação citadas anteriormente, não se pode esquecer que nos postos de gasolina, a poluição atmosférica e a lavagem do asfalto pela chuva também são potenciais contaminantes das águas. Esse caso pode ser verificado com a poluição da Lagoa Rodrigo de Freitas.<sup>16</sup>

### **2.3) Os aquíferos: soluções até quando?**

Aquífero é uma formação ou grupo de formações geológicas que pode armazenar água subterrânea. São rochas porosas e permeáveis, capazes de reter e

ceder água. Sua importância se dá pois é a maior reserva de água doce do planeta. Oitenta por cento da água consumida na Europa e na Rússia é de origem subterrânea.<sup>17</sup>

No Brasil, as águas que formam os aquíferos têm reservas estimadas de 112 trilhões de metros cúbicos.

A utilização de águas subterrâneas tem aumentado intensamente no mundo todo e também no Brasil. Esta situação se deve à ocupação de áreas menos providas de água de superfície (ex: regiões semi-áridas), ou constitui forma de se obter água de melhor qualidade em regiões já poluídas, ou ainda para viabilizar grandes volumes de água para irrigação.<sup>18</sup>

O aquífero Guarani (Figura 5) possui 1,2 milhões de km<sup>2</sup> de área total, dos quais 70% estão em território brasileiro<sup>19</sup>. Paraguai, Uruguai e Argentina são os países que também tem em seu subsolo as águas do aquífero. Este manancial está situado no subsolo de sete estados brasileiros, que possuem cidades populosas e o maior parque industrial do país: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.<sup>19</sup>

A maior parte dos poços que explora o aquífero Guarani foi feita onde ele é protegido apenas pela rocha porosa de arenito. Por isso, esses poços necessitam de proteção permanente na sua entrada, para evitar a contaminação por água com dejetos de animais ou com esgoto doméstico. Para evitar contaminação futura, os poços têm de ser lacrados quando o cano se estraga, o que ocorre ao redor de 30 anos de uso.<sup>20</sup>

Nas regiões agrícolas, há a preocupação com relação aos adubos químicos, herbicidas e pesticidas, que podem entrar pela rocha porosa e contaminar a água subterrânea.



**Figura 5:** Aquífero Guarani.

Além de mais protegidas contra a poluição e os efeitos da sazonalidade, as águas subterrâneas apresentam em geral boa qualidade, decorrente do “tratamento”

obtido da sua percolação no solo e subsolo. Seu aproveitamento tem se revelado uma alternativa mais econômica, evitando custos crescentes com represas e adutoras e dispensando tratamento, na maioria dos casos.<sup>21</sup>

O uso das águas oriundas de aquíferos será uma solução permanente desde que sejam tomadas as devidas providências para que seus poços não sejam contaminados e que acordos sejam firmados entre os países que possuem um mesmo aquífero em seus subsolos.

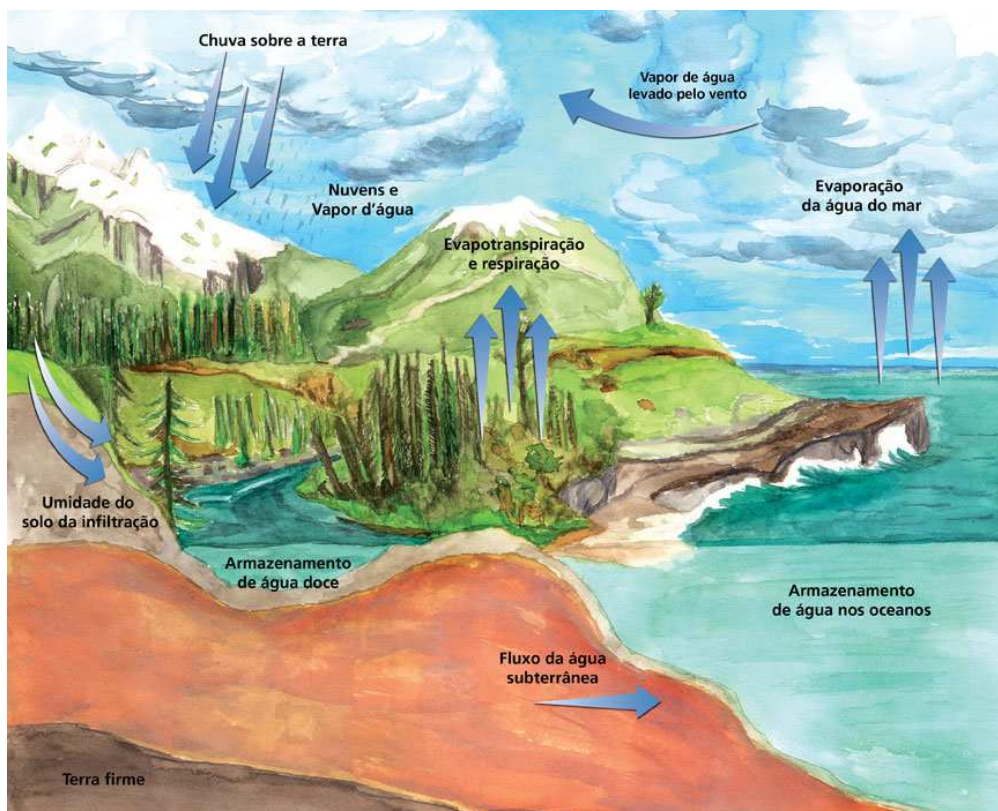
#### **2.4) As alterações climáticas e o ciclo da água**

A característica da água de se renovar em nosso planeta está intimamente ligada ao funcionamento do ciclo hidrológico (Figura 6).<sup>22</sup>

A energia térmica oriunda do sol e a transpiração dos organismos vivos transformam parte da água do planeta em vapor, que sobe a atmosfera, condensa-se e formam as nuvens. Sob a ação da força gravitacional, a água atmosférica precipita na forma de chuva, neblina ou neve, alimentando o fluxo dos rios, a umidade do solo e os aquíferos.<sup>22</sup>

De toda a água que evapora, 75% fica retida nos aquíferos, lençóis freáticos e nos mananciais naturais e artificiais<sup>22</sup>, fazendo com que esta esteja cada vez menos disponível para a humanidade.





**Figura 6:** O Ciclo Hidrológico

Além desse fator, as alterações climáticas têm grande influência sobre o ciclo das águas.

O desmatamento, a ocupação das áreas de mananciais, as queimadas e qualquer outra ação que reduz a cobertura vegetal contribui para a diminuição da média pluviométrica e de sua distribuição<sup>22</sup>. O desmatamento é o principal fator da redução das chuvas nas cabeceiras dos rios que abastecem as represas. Isso acontece porque a vegetação é fundamental para o ciclo da água; é através dela que a infiltração, retenção e percolação da água se mantém, além de ajudar na primeira parte do ciclo: evaporação e precipitação<sup>22</sup>.

Outro fator que também contribui para a alteração do ciclo da água é o desenvolvimento urbano. Este altera a cobertura vegetal da bacia, incluindo pavimentos impermeáveis e são introduzidos dutos para escoar a água das chuvas, reduzindo a infiltração do solo, aumento do escoamento superficial, redução do escoamento subterrâneo e redução da evaporação-transpiração.<sup>23</sup>

As superfícies impermeáveis absorvem parte da energia solar, aumentando a temperatura do ambiente, produzindo focos de calor concentrado na parte central das cidades. Nesse local há predominância do concreto e do asfalto, que devido à sua cor escura, absorve mais calor.<sup>23</sup>

O aquecimento global, o buraco na camada de ozônio, e a estação do verão, favorecem a evaporação, mas por outro lado, aumentam a pressão atmosférica, que por sua vez, provoca o deslocamento (oscilação) da troposfera mais para cima. Em consequência disto, na maioria das vezes, perde-se a condensação na formação de chuvas, pois o ar quente tem capacidade para conter um limite superior de vapor d'água. No entanto, para que exista a condensação, será preciso que o vapor de água (umidade do ar), que está em ascensão, encontre uma camada de ar frio.<sup>22</sup>

## **2.5) Consumo de água pelos segmentos industrial, agrícola e doméstico**

A maior consumidora de água potável é a agricultura, com cerca de 70% do consumo total, devido à irrigação, reflexo da pressão por uma produção crescente de alimentos para atender à população da Terra, que ainda se expande.

A indústria consome cerca de 22% e o uso doméstico gasta os 8% restantes da água total.

## CAPÍTULO 3

### A ÁGUA NA QUÍMICA

#### 3.1) O solvente universal

Uma das propriedades mais importantes da água é sua capacidade de dissolver outras substâncias para formar soluções.<sup>24</sup>

Há substâncias que são parcialmente solúveis ou que simplesmente não solubilizam em água, mas esta é considerada como o solvente universal.

Em geral a água é um mau solvente para substâncias que existem em solução na forma molecular. Assim, gasolina e metano são praticamente insolúveis em água<sup>25</sup>. Nestes casos a água interage tão fracamente com o soluto que não há liberação de energia suficiente para romper a estrutura da água.<sup>25</sup>

Em contrapartida existem alguns solutos moleculares muito solúveis é o caso da amônia ( $\text{NH}_3$ ) e do álcool etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ). Esse fenômeno ocorre quando há a presença das ligações de hidrogênio entre soluto e solvente, havendo energia suficiente para romper a estrutura da água.

Um primeiro fator importante para a dissolução de um sólido iônico na água é a atração eletrostática dos átomos de oxigênio ( $\delta^-$ ) com o cátion do soluto, e dos átomos de hidrogênio ( $\delta^+$ ) com o ânion do soluto. Quando o sólido iônico é adicionado à água, as pequenas moléculas polares são atraídas pelos cátions e

ânions do sólido iônico tentam circundá-los, começando pelos íons da superfície do cristal.<sup>24</sup>

Outro fator importante para que a água funcione como um bom solvente para compostos iônicos é sua constante dielétrica ser alta (quase 80)<sup>24</sup>. Define-se como constante dielétrica a tendência da substância em reduzir a atração elétrica entre cargas opostas em relação à que exercia no vácuo. Num composto iônico isso ocorre porque a molécula de água consegue romper o retículo cristalino do composto iônico, e acaba por solvatar os íons do sólido iônico<sup>24</sup>.

Em geral, as atrações entre os íons e moléculas polares da água (energia de hidratação) são suficientes para romper a estrutura da água. Entretanto, existem fortes atrações entre os íons de cargas opostas nos sólidos (energias reticulares) que precisam ser superadas, para que possa ocorrer dissolução. Quanto maior a carga de um íon, mais fortemente ele irá atrair uma extremidade da molécula polar de água. Mas a maior carga também provoca uma maior atração entre os íons no sólido. Assim, o aumento da carga iônica parece favorecer tanto a solubilidade como a insolubilidade.

### **3.2) As teorias em função do meio aquoso**

Kohlrausch e Heidweiller concluíram em seus estudos de condutividade elétrica ao final do século XIX que a água mais pura apresenta uma pequena, porém definida, condutância. A água é, portanto, fracamente ionizada de acordo com a equação<sup>26</sup>:



Aplicando a lei da ação das massas, obtém-se  $K = \frac{[H^+] \times [OH^-]}{[H_2O]}$

Determinando a condutância da água foi possível estabelecer o valor de K como sendo  $1,82 \times 10^{-16}$  à 25 °C. A água pode ser considerada como não dissociada.

O produto iônico é calculado com base na expressão de k, onde a  $[H_2O]$  vale 55,6 mol/L, e substituindo seus valores, tem-se:

$$1,82 \times 10^{-16} = \frac{[H^+][OH^-]}{55,6}$$

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1,01 \times 10^{-14} \text{ mol} / L$$

onde  $K_w$  é denominado produto iônico da água.

A consequência do produto iônico da água está no fato de os íons  $H^+$  e  $OH^-$  serem determinantes para acidez e/ou alcalinidade de soluções de ácidos e bases muito diluídas.

Outra consequência importante é o conceito de solução neutra, onde a concentração de íons  $H^+$  e  $OH^-$  é igual:

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+][OH^-] = 1,01 \times 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w} = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

Uma solução é ácida quando a concentração de íons hidrogênio exceder  $10^{-7}$  mol/L e para soluções alcalinas quando a concentração de íons hidrogênio for inferior a  $10^{-7}$  mol/L.

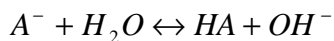
A hidrólise ocorre quando sais são dissolvidos em água e reagem com a mesma, dando um caráter ácido ou alcalino à solução, dependendo de sua característica.

Essa característica pode ser dividida em 4 categorias<sup>26</sup>:

- Sais derivados de ácidos fortes com bases fortes
- Sais derivados de ácidos fortes com bases fracas
- Sais derivados de ácidos fracos com bases fortes
- Sais derivados de ácidos fracos com bases fracas

A hidrólise de sais derivados de ácidos fortes com bases fortes apresenta uma solução neutra, pois nem ânions e nem cátions combinam-se com os íons hidrogênio e a hidroxila da água. O equilíbrio  $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$  não é perturbado.

Quando os sais derivados de ácidos fracos e bases fortes são hidrolisados eles produzem uma solução de caráter alcalino<sup>26</sup>. O ânion do sal entra em equilíbrio com a água, deslocando o equilíbrio para formação de íons hidroxila.



Já com sais derivados de ácidos fortes e bases fracas ocorre justamente o contrário: o cátion do sal reage com a hidroxila da água deslocando o equilíbrio no sentido de formação de íons hidrogênio, dando um caráter ácido à solução:



O caso mais complexo de hidrólise é quando se tem um sal derivado de um ácido fraco e uma base fraca. O caráter da solução dependerá da força de cada espécie, já que tanto o cátion quanto o ânion reagem com a hidroxila e com o íon hidrogênio oriundos da autoionização da água. Se o ácido que deu origem ao sal for mais forte que a base de origem, a concentração de íons hidrogênio será maior que a concentração de íons hidroxila e a consequência disso será uma solução de caráter ácido. No caso da base que deu origem ao sal for mais forte que o ácido de origem, a solução terá caráter alcalino. Entretanto, se o ácido e a base do sal possuírem a mesma força, isto é, forem igualmente fracos, a solução resultante terá um caráter neutro (é o que acontece com o acetato de amônio).

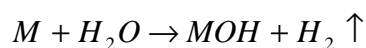
A teoria ácido-base formulada por Arrhenius em 1887 é totalmente baseada em soluções aquosas. Uma espécie é considerada ácida quando, em meio aquoso, origina íons hidrogênio e, em contrapartida, uma espécie é considerada base quando origina íons hidroxila.



Essa teoria é limitada às reações que ocorrem em meio aquoso. Outras teorias foram desenvolvidas para suprir essa necessidade, é o caso das teorias de Brönsted-Lowry e Lewis, ambas surgidas nos anos 20 do século XX.

Outros dois tipos de reação ocorrem em meio aquoso: as reações de precipitação e as reações de complexação. A precipitação ocorre quando a concentração de um produto começa a exceder sua solubilidade, então, qualquer quantidade a mais deste produto precipita na solução, a não ser que esta fique supersaturada<sup>27</sup>. As reações de complexação ocorrem quando há formação de um íon complexo solúvel

Outra reação que também ocorre em meio aquoso é a reação dos metais alcalinos com a água produzindo seus respectivos hidróxidos com a liberação de gás hidrogênio:



### 3.3) Água, reagente ou insumo?

Um importante aspecto das análises químicas é a preparação da água que é utilizada para dissolução dos reagentes químicos e para a preparação do branco de análise. Nesse caso a água é um insumo extremamente importante. Como consequência dessa visão, o ensaio de determinação de umidade por secagem em estufa (geralmente a 100-110 °C) por um período determinado (até se obter o chamado peso constante) é uma prática corrente em laboratórios analíticos.

A formação de um íon aquocomplexo é outro exemplo de como a água pode ser utilizada como reagente, pois a hidratação de um íon pode ser considerada um tipo de complexação no qual as moléculas de água atuam como ligantes<sup>24</sup>

Em alguns tipos de reação, principalmente na área da química orgânica, a água é um reagente. Sem se deter nos pormenores de cada uma dessas reações, exemplos representativos desse comportamento são:

- *hidrólise de ésteres* (reação inversa àquela de esterificação direta ou reação de Fischer), onde se obtém ácido carboxílico e álcool como produtos; uma grande aplicação prática dessa reação é a hidrólise de triglicérides (que também pode ser feita mediante solução de NaOH, produzindo-se glicerina e sais de sódio derivados dos ácidos carboxílicos como produtos);
- *hidrólise de cloretos de acila*, obtendo-se ácido carboxílico e HCl como produtos;
- *hidratação de olefinas*, que é uma reação de adição, produzindo-se álcoois (reação inversa à desidratação destes últimos).

### 3.4) Diferentes graus de pureza da água

A água pode ser classificada de acordo com seu grau de pureza encontrado na natureza<sup>28</sup>.

A água doce existe nos rios, lagos e ribeiras e possui uma quantidade de sais bem inferior à água do mar. Após tratamento físico-químico adequado pode-se obter água de consumo humano.

A água do mar ou água salgada é aquela que possui uma grande quantidade de sais dissolvidos, em especial cloreto de sódio. Esta água não pode ser consumida diretamente, só após um processo de dessalinização.

A água destilada é a água constituída, exclusivamente, por hidrogênio e oxigênio. Origina-se na natureza quando se forma a chuva, ou é produzida em laboratório. Esta água é imprópria para consumo uma vez que não possui os sais necessários ao organismo humano; ela acaba por os lixiviar deste último, levando a um desequilíbrio eletrolítico do organismo, levando até a morte.

A água que dissolve uma grande quantidade de sais minerais quando do seu percurso pela natureza; ela é chamada de água mineral. Normalmente, adquire cheiros e sabores característicos, o que permite classificá-la em vários tipos (carbonatada, sulfurosa, magnésiana, alcalina, radioativa etc...). São reconhecidas diversas propriedades terapêuticas dessas águas.

A água poluída apresenta alterações físicas, tais como cheiro, turbidez, cor, sabor e, principalmente, a presença de constituintes ausentes em águas naturais; logo é uma água imprópria para consumo.

A água contaminada pode conter agentes patogênicos vivos, tais como bactérias e substâncias tóxicas.

Definida pela Portaria 518, do Ministério da Saúde, água potável é a “água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”<sup>29</sup>.

A água que contém grandes quantidades de substâncias dissolvidas que lhe conferem um sabor desagradável e, por vezes, um aspecto turvo, é chamada de água salobra.

Água inquinada é aquela que contém microorganismos nocivos à saúde, pelo que este tipo de água pode ser um importante veículo de transmissão de doenças.

Na realidade de um laboratório químico, a água é um insumo extremamente importante, pois é com ela que são realizados os brancos de análise, diluições de amostras e as soluções utilizadas nas determinações analíticas.

Para ser classificada como água reagente, esta deve apresentar concentrações do analito que se deseja determinar abaixo do limite de detecção do método analítico, e também deve estar livre de substâncias que interfiram na determinação do elemento ou do composto<sup>30</sup>.

A qualidade da água exigida é relacionada diretamente à análise que está sendo feita. As exigências para a qualidade da água podem diferir para

componentes orgânicos, inorgânicos e biológicos, dependendo dos usos para que a água seja pretendida.

A osmose reversa, a destilação e a deionização em várias combinações podem produzir a água grau reagente. Uma filtração e/ou tratamento por radiação ultravioleta podem igualmente ser usados como parte do processo.

Para determinar os diferentes graus de pureza de uma água reagente é necessário controlar alguns parâmetros físico-químicos: a condutividade e o teor de sílica (dióxido de silício). A Tabela 1 apresenta a relação entre esses parâmetros físico-químicos e a qualidade pretendida para a água.

**Tabela 1:** Níveis de qualidade mínimos exigidos para a classificação da água<sup>30</sup>.

Parâmetro de qualidade	Qualidade requerida		
	Baixa	Média	Alta
Condutividade ( $\mu\text{mho/cm}$ )	>10	<1	<0,1
Teor de sílica ( $\text{SiO}_2$ , mg/L)	<0,05	<0,1	<1

### 3.5) A preocupação com o uso racional da água

De acordo com pesquisa realizada pelo IBOPE encomendada pela ONG WWF, no período de 1 a 2 de dezembro de 2006, constatou-se que 90% dos brasileiros considera que o maior problema ambiental do país seja a poluição da água e que no futuro o abastecimento de água poderá ficar comprometido. O

problema da água está principalmente vinculado ao desperdício (47%) e ao desmatamento (22%)<sup>31</sup>.

Numa pesquisa anterior, em 2005, apontou que entre os jovens a preocupação com o desperdício é ainda maior: 94% vêem o risco de desabastecimento e 73% pensam que podem reduzir o consumo em casa. Mas há uma grande distância entre a preocupação e a atitude, por exemplo, 64% gastam de seis a quinze minutos no banho, tempo acima do necessário<sup>32</sup>.

### **3.5.1) A idéia de recurso inesgotável**

Por ter um ciclo que se renova por si só (o ciclo da água), tem-se a idéia de que a água é um recurso inesgotável. Porém, com a poluição das fontes, sua escassez torna cada vez mais evidente que, na realidade, a água é um recurso finito, posto que apenas uma pequena parcela da água do planeta está disponível para a humanidade (Figura 2).

Em conseqüência de todos os problemas citados no decorrer deste trabalho, foi criada a Lei das Águas, Lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997, pelo presidente Fernando Henrique Cardoso. A lei baseia-se nos seguintes fundamentos<sup>33</sup>:

- a água é um bem de domínio público;
- a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e o de animais (saciar a sede);

- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo da água;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A Lei das Águas ainda tem como objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”<sup>33</sup>.

### **3.5.2) O descarte de efluentes hídricos sem tratamento**

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 10004 (2004), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resíduos são “*materiais nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de*

*esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível'* <sup>34</sup>.

Para que o descarte seja feito de forma eficiente, é necessário que o resíduo seja classificado corretamente para ser tratado e disposto na natureza adequadamente, isto é, causando o menor impacto ambiental possível.

A classificação dos resíduos de acordo com a NBR 10004 é <sup>34</sup>:

- Resíduos classe I - Perigosos;
- Resíduos classe II – Não perigosos;
  - Resíduos classe II A – Não inertes (tipicamente, os resíduos urbanos)
  - Resíduos classe II B – Inertes (tipicamente, resíduos da construção civil)

Para ser classificado como resíduo perigoso é necessário que este apresente pelo menos uma das propriedades listadas a seguir:

- **Inflamabilidade** – “ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C; não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 MPa (1 atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo; ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material; ser um gás



comprimido inflamável, conforme a Legislação Federal sobre transporte de produtos perigosos (Portaria Nº 204/1997 do Ministério dos Transportes)”.

- **Corrosividade** – “ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5; ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço comum a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55 °C”.
- **Reatividade** – “ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar; reagir violentamente com a água; formar misturas potencialmente explosivas com a água; gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água; possuir em sua constituição os íons de cianeto ( $\text{CN}^-$ ) ou  $\text{S}^{2-}$  em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500 mg de  $\text{H}_2\text{S}$  liberável por quilograma de resíduo; ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados; ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25 °C e 0,1 MPa (1 atm); ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim”.

- **Patogenicidade** – “contiver ou se houver suspeita de conter, microorganismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxirribonucléico (DNA) ou ácido ribonucléico (RNA) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais. Os resíduos de serviços de saúde deverão ser classificados conforme ABNT NBR 12808. Os resíduos gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos e os resíduos sólidos domiciliares, excetuando-se os originados na assistência à saúde da pessoa ou animal, não serão classificados segundo os critérios de patogenicidade”.
- **Toxicidade** – “quando o extrato obtido desta amostra, segundo a norma Brasileira NBR 10005 da ABNT, contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes no Anexo E dessa Norma. Neste caso, o resíduo deve ser caracterizado como tóxico com base no ensaio de lixiviação, com código de identificação constante no anexo F dessa Norma; ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias constantes nos anexos D ou E; resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias constantes nos anexos D ou E; ser comprovadamente letal ao homem; possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem ou estudos do resíduo que demonstrem uma  $DL_{50}$  oral para ratos menor que 50 mg/kg ou  $CL_{50}$  inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma  $DL_{50}$  dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg; possuir uma ou mais

substâncias constantes no anexo C e apresentar toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores:

- natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
- concentração do constituinte no resíduo;
- potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio;
- persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação;
- potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;
- extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas”;

Quando os resíduos são destinados de forma inadequada, estes podem poluir o solo, o ar e a água, alterando as características dos ambientes aquático, terrestre e aéreo, podendo até serem vetores de doenças <sup>35</sup>. Metais pesados, compostos orgânicos cancerígenos, compostos ácidos etc. são materiais que são responsáveis por alterações no ambiente natural, com conseqüências imprevisíveis.

As imagens dos lixões (Figura 7), degradantes para quem vive essa realidade, e angustiantes para as pessoas em geral, é o exemplo clássico que ilustra os efeitos ambientais dos resíduos descartados sem critério.



**Figura 7:** Representação de um lixão

Existem alguns métodos para destinar os resíduos produzidos:<sup>35</sup>

- Aterros sanitários – consiste na disposição no solo de resíduos domiciliares (ou urbanos); possui projeto de engenharia para confinar os resíduos sem danos ao ambiente, e permite o aproveitamento do biogás (metano) como insumo energético;
- Reciclagem energética – incineração ou queima de resíduos combustíveis com reaproveitamento e transformação da energia gerada;
- Reciclagem orgânica - compostagem da matéria orgânica (adubos); uma variante desse processo em áreas rurais é o *landfarming*;

- Reciclagem industrial - reaproveitamento e transformação dos materiais recicláveis; polímeros termoplásticos, metais, papel são exemplos típicos;
- Esterilização a vapor e desinfecção por microondas - tratamento dos resíduos patogênicos, sépticos e hospitalares, convertendo-os em resíduos comuns, que podem ser dispostos em aterros sanitários;
- Estação de tratamento de efluentes, onde, por meio de processos físicos (gradeamento, flotação, etc.), físico-químicos (neutralização, equalização) e biológicos (processos aeróbicos e anaeróbicos), o efluente hídrico é tratado de modo a se enquadrar nas especificações permitidas pela resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para descarte em corpos receptores. Muitas indústrias, inclusive, vêm aplicando processos mais sofisticados (como a osmose reversa), para permitir o reuso dessa água como água industrial ou de processo.

As formas de tratamento que impliquem em reaproveitamento de materiais usados e a redução do consumo de insumos naturais refletem bem um dos pilares da educação ambiental e a adoção de práticas da chamada “produção mais limpa”: a implantação dos 3R’s (Reduzir, Reutilizar, Reciclar).

## **CAPÍTULO 4**

### **O DESAFIO DE ENQUADRAR A ÁGUA COMO RECURSO NATURAL LIMITADO NAS AULAS DE QUÍMICA**

#### **Planejamento de escala de experiência**

##### **4.1) Água de reuso**

A reutilização ou o reuso da água, inclusive de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação.

Tramita no Congresso Nacional um anteprojeto de lei que institui as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico, que, de acordo com o descrito em seu Capítulo IX, subseção VIII, fomenta o reuso de águas residuárias, demonstrando a importância que o assunto vem tomando.

Nesse sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e de consumo de água. Dentro dessa ótica, os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros.

Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos. O reuso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por água de qualidade inferior.

A demanda pela água tratada e potável é fato notório. O “reuso” torna-se um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, representando um potencial emergente que visa à racionalização do uso considerado um bem finito e dotado de valor econômico.

No Brasil o reuso da água é difundido quando se fala em irrigação, usos industriais e outros usos não potáveis.

O Brasil possui 14% da água potável (doce) mundial, que é distribuída de forma desigual dentro do próprio país (Tabela 2): as regiões que apresentam uma maior densidade demográfica são onde os recursos hídricos são mais escassos, conforme essa Tabela.

Frente a essa situação e em concordância com a nova consciência ecológica, optou-se por gerenciar o consumo de água e seu desperdício dentro do próprio conjunto habitacional.

**Tabela 2:** Distribuição da água potável no Brasil

REGIÃO	RECURSOS HÍDRICOS	SUPERFÍCIE	POPULAÇÃO
Norte	68,50	45,30	6,98
Centro-Oeste	15,70	18,80	6,41
Sul	6,50	6,80	15,05
Sudeste	6,00	10,80	42,65
Nordeste	3,30	18,30	28,91
Total	100,00	100,00	100,00

A Norma Brasileira ABNT-NBR 13969 <sup>36</sup>, em seu item 5.6, prevê o recurso local de águas residuais, indicando tratamento para a redução da DBO, que é uma medição indireta da quantidade carga orgânica presente no efluente, em função da destinação final. Como a meta é dimensionar um sistema antes de mais nada econômico, decidiu-se reutilizar somente os efluentes provenientes do lavabo, do chuveiro e do tanque para serem reutilizados nas bacias sanitárias do edifício, visto que, por não apresentarem carga de DBO, dispensam tratamento em aplicações pouco nobres, onde não há contato direto com o ser humano, animais ou alimentos.

#### 4.2) Água da chuva

A maioria dos rios que abastecem grandes cidades e economias industrializadas mal atende à demanda de água atual. A solução mais eficaz e barata para esse problema seria o desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento da água da chuva<sup>37</sup>. Esse método beneficiaria países pobres, já que essa água pode ser utilizada em plantações em vez de aumentar a irrigação e também é a forma mais barata de reduzir a desnutrição e a pobreza.



Nesse último item, por exemplo, 700 especialistas sustentam que é possível dobrar ou até mesmo triplicar a produção de alimentos na África Subsaariana e no sudeste da Ásia – onde 800 milhões de pessoas sofrem de desnutrição.<sup>37</sup>

A utilização da água da chuva também beneficiaria o meio ambiente, poupando fontes de água doce, por exemplo, reduzindo a invasão de áreas virgens que são alvo de produtores quando há o esgotamento do solo e estes não contam com sistemas de irrigação.

Como exemplo, o decreto de lei 23940/04, do então prefeito César Maia, torna obrigatória a construção, em edifícios ainda na planta, de reservatórios para reter temporariamente e armazenar águas pluviais (esquema na Figura 8).

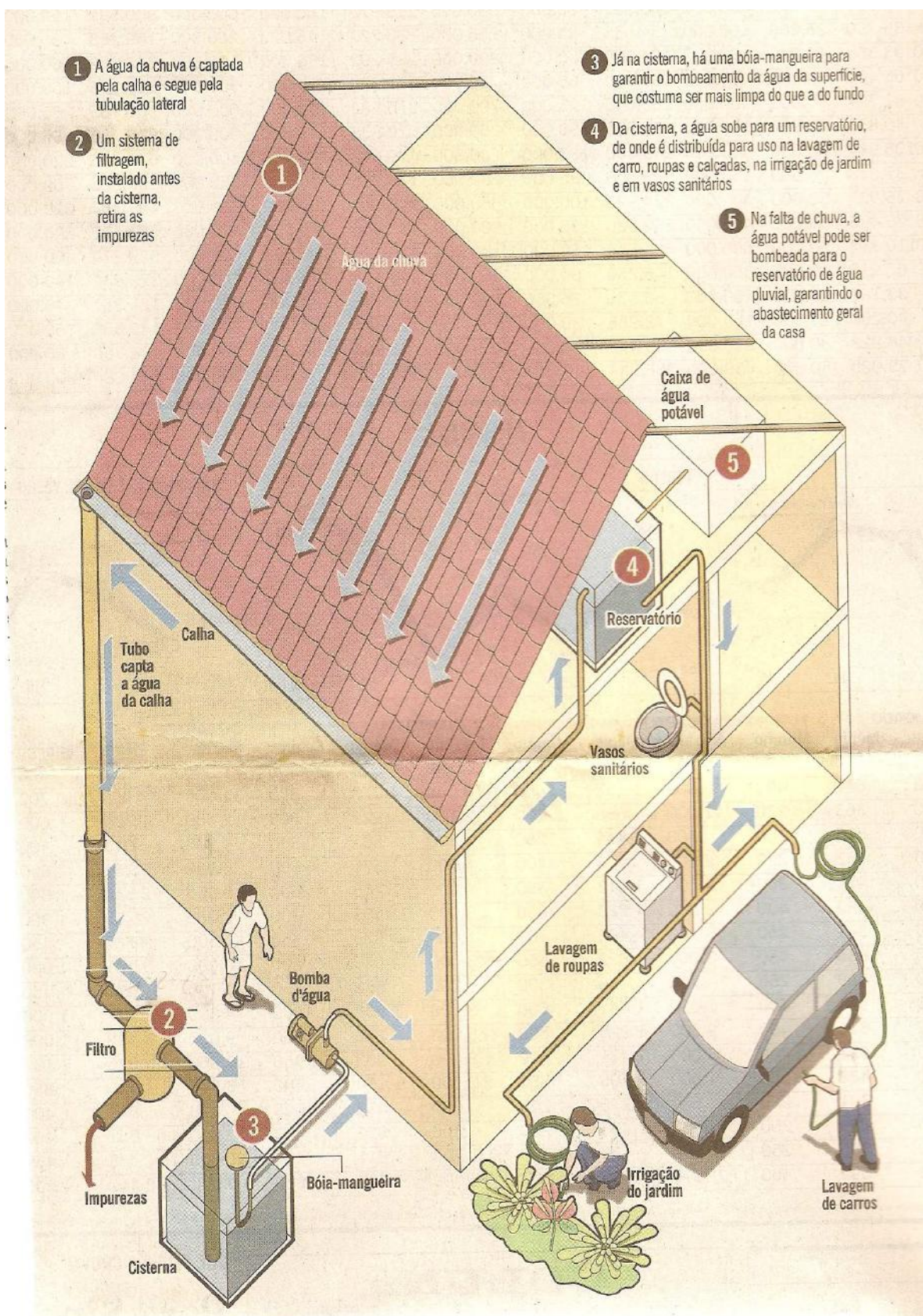
Os imóveis que se enquadram na disposição são aqueles com mais de 500 metros quadrados de área impermeabilizada, inclusive telhados, ou com mais de 50 unidades de apartamentos. Os reservatórios deverão retardar temporariamente o escoamento para a rede de drenagem.<sup>38</sup>

O objetivo dessa medida é ajudar a prevenir inundações e incentivar um melhor uso da água e esta água seria destinada a utilizações menos nobres, como: regar jardins, lavagem de carros e calçadas.

De acordo com o decreto, não serão concedidos "*habite-se a novos empreendimentos caso não apresentem o sistema que capte água em áreas como telhados, terraços e coberturas*"<sup>39</sup>.

Os prédios antigos também receberam incentivos para captação da água das chuvas, já que depois da folha de pagamento, a água é o item que mais pesa nas contas do condomínio: chega a ser de 13,6% nesse custo<sup>40</sup>.

O cuidado na hora de armazenar a água das chuvas é imprescindível, pois é necessário que a água das chuvas não venha a contaminar a água potável do sistema predial, sendo vedada qualquer comunicação entre os dois sistemas<sup>39</sup>.



**Figura 8:** Esquema de reutilização da água de chuva

### 4.3) Limpeza de material

Atualmente o grande desafio do professor, principalmente o do ensino médio, é enquadrar toda a realidade exposta nesse trabalho na rotina das escolas.

Numa visão macroscópica, isto é, extrapolando a sala de aula e os laboratórios, a grande contribuição da escola seria a utilização da água da chuva para fins não potáveis, como por exemplo, lavagem dos diversos locais que compõem a escola, e outras tarefas como regar o jardim.

Outra possibilidade seria a reutilização das águas residuárias oriundas das pias e bebedouros nas bacias sanitárias, já que esta peça é a que mais gasta água em sua utilização.

Para isso seria necessário um investimento financeiro para as adaptações de infra-estrutura, que, talvez, a iniciativa privada estaria disposta a arcar, mas quando olhamos as escolas públicas, essa possibilidade se reduz, já que muitas vezes falta até o básico para seu funcionamento.

Dentro de sala de aula, mais especificamente no laboratório, as ações para economizar recursos hídricos tornam-se mais factíveis, já que dependem somente de recursos humanos para que se tornem realidade.

Dentro desse contexto, a primeira iniciativa seria reduzir a quantidade de água empregada nas tarefas rotineiras da escola, incluindo a lavagem dos materiais usados nas aulas de laboratório.

Outra possibilidade seria recolher a água utilizada no laboratório, realizando um tratamento adequado ao tipo de efluente obtido e reutilizando a água dentro do próprio laboratório. Esse caso daria várias possibilidades de aula prática juntando a teoria que se aprende nas salas de aula e o que é feito na realidade.

Esse seria um projeto didático que, numa visão macroscópica, apresenta-se a seguir:

- Recolhimento dos efluentes;
- Caracterização do efluente;
- Estratégia de tratamento;
- O que fazer com o resíduo gerado;
- Custo da operação;
- Reutilização da água.

Esse trabalho seria realizado em grupo durante 2 meses, aproximadamente, e depois apresentado à turma oralmente, seguido de debate. Uma das conclusões mais relevantes é perceber que, melhor do que tratar a água usada, é reduzir seu consumo.

## CONCLUSÃO

Esse trabalho mostra que a água é um recurso que está cada vez mais escasso, devido o aumento demográfico ou a contaminação de suas fontes. Trata-se de um tema rico porque permite a inserção de aspectos multi e transdisciplinares nas aulas de química.

Sua abordagem como recurso não renovável se faz mais necessária, pois todos os esforços para enfrentar os problemas advindos da escassez previsível da água serão em vão se não começarmos pela conscientização dos nossos alunos, futuros cidadãos.

Essa conscientização não deve ocorrer somente nas aulas de ciências (química, física e biologia), mas a escola como um todo deve estar empenhada em economizar os recursos naturais, tais como: promover o recolhimento de óleo de cozinha e da água de chuva, reutilizar papel, coletar seletivamente materiais recicláveis e mesmo outros para os quais existem campanhas de coleta (como pilhas e baterias), e reduzir o consumo de recursos naturais (como energia e, naturalmente, água). A vivência prévia do professor é primordial para, com exemplos documentados, prover a consciência necessária para a mudança de atitude dos jovens.

**BIBLIOGRAFIA**

- 1) \_\_\_\_ **Água**. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua>> – acessado em 09 ago 2008
- 2) \_\_\_\_\_. **Água (substancia)**. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua\\_%28subst%C3%A2ncia%29#Formas\\_da\\_.C3.A1gua](http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua_%28subst%C3%A2ncia%29#Formas_da_.C3.A1gua) – acessado em 09 ago 2008
- 3) Companhia Riograndense de Saneamento. **Distribuição da água**. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/ambientais/distribuicao.htm>. Acessado em 09 ago 2008
- 4) \_\_\_\_\_. **501 – Água**. Wednesday, June 07, 2006. disponível em: <http://agua501.blogspot.com/2006/06/distribuio-da-gua-de-toda-gua.html>.  
Acessado em 31 mar 2009
- 5) SUASSUNA, João. **A má distribuição da água no Brasil** (05-04-2004) <http://www.reporterbrasil.org.br/exibe.php?id=239> . Acessado em 31 ago 2008
- 6) \_\_\_\_\_. **Um sexto da população mundial não tem acesso à água**. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u9255.shtm> .  
Acessado em 03 set 2008
- 7) COSKUN, Bezen Balamir. Mais do que guerras sobre água: a água e a segurança internacional. Disponível em <http://www.nato.int> Acessado em 31 mar 2009
- 8) SELBORNE, Lord, **A Ética do Uso da Água Doce: um levantamento**. . Brasília : UNESCO, 2001. 80p.
- 9) LINO, Flávio Henrique. Escassez de água pode se tornar fonte de conflitos no século XXI, **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro

- 10) PONTES, Fernanda. Poluição queima o filme ambiental da cidade. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 06 jun 2006.
- 11) ENGELBRECHT, Daniel. Novo vazamento atinge a Baía de Sepetiba. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 31 jan 2006.
- 12) BALBI, Aloysio, FREITAS, Guilherme. Vazamento chega a afluyente do Paraíba do Sul. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 04 mar 2006.
- 13) SCHMIDT, Selma, MENDES, Taís. Da nascente à foz: a degradação dos rios cariocas. . **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 19 nov 2006.
- 14) \_\_\_\_\_. Poluição de Mercúrio. Disponível em: [http://www.rainhadapaz.g12.br/projetos/ciencias/ecologia/ecologia\\_poluicao/aguas.htm](http://www.rainhadapaz.g12.br/projetos/ciencias/ecologia/ecologia_poluicao/aguas.htm) . Acessado em 02 abr 2009
- 15) SIMÕES, Dicler. Estaleiro em Angra é multado por vazamento. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 29 mar 2007.
- 16) \_\_\_\_\_. Análise aponta os venenos da Lagoa. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 06 jul 2005.
- 17) \_\_\_\_\_. **Aquífero**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Aqu%C3%ADfero> – acessado em 31 mar 2009
- 18) RESENDE, Álvaro Vilela de. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nutrientes**. Ano: 2004. Disponível em <http://www.drashirleydecampos.com.br/noticias/9159>. Acessado em 01 abr 2009
- 19) PESCE, Jorge. Água e lixo não se misturam. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 01 out. 2006



- 20) MONTAIA, Paulo. Aquífero Guarani: o Brasil possui a maior cisterna do mundo. Disponível em <http://www.moderna.com.br/moderna/didaticos/projeto> - acessado em 07 jun 09
- 21) \_\_\_\_\_. Água subterrânea e aquíferos. Disponível em <http://www.portalbiologia.com.br> – acessado em 06 abr 2009
- 22) SEVERINO, Pedro. **Ciclo hidrológico e sua variabilidade hídrica**. Disponível em <[http:// pedroseverinoonline.blogspot.com/2008/04/o-ciclo-da-agua.html](http://pedroseverinoonline.blogspot.com/2008/04/o-ciclo-da-agua.html)> . Acessado em 16 jun 2009
- 23) BRASIL, Ambiente. Alterações Hidrológicas e Ecossistema Aquático. Disponível em: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/aguas\\_urbanas/alteracoes\\_hidrologicas\\_e\\_ecossistema\\_aquatico](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/aguas_urbanas/alteracoes_hidrologicas_e_ecossistema_aquatico) . Acessado em 16 jun 2009
- 24) QUAGLIANO, J.V, VALLARINO, L.M. **Química**. 3º edição. Editora Guanabara – Rio de Janeiro
- 25) SIENKO, Michel J., PLANE, Robert A. **Química**. 2º edição. Companhia Editorial Nacional. São Paulo
- 26) VOGUEL, Arthur Israel. **Química Analítica Qualitativa**. 5º edição. Ed. Mestre JW
- 27) RUSSEL, Jonh Blair. **Química Geral**. Volume I. 2º edição. São Paulo ed. Mc Graw-Hill Ltda
- 28) \_\_\_\_\_. Tipos de Água. Disponível em: <http://www.aguaonline.net>. Acessado em 13 mai 2009
- 29) BRASIL. **Portaria MS n.º 518/2004**
- 30) ANDREW D. EATON; et al. **Standard Methods For the Examination of Water & Wastewater** 21ª. Ed 2005

- 31) IBOPE. População acredita que a poluição da água e desmatamento são os dois maiores problemas ambientais brasileiros. Disponível em <HTTP://www.ibope.com.br> . Acessado em 02 abr 2009
- 32) RANGEL, Rodrigo. Falta de água preocupa brasileiros. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 11 mar 2005.
- 33) BRASIL. Lei 9433 de 08 de janeiro de 1997.
- 34) NBR 10004 – resíduos sólidos – classificação. ABNT 2004
- 35) \_\_\_\_\_. Resíduos Sólidos: Noções básicas – guia de pesquisa. Disponível em <http://www.ecolnews.com.br/lixo.htm>. Acessado em 16 jun 2009
- 36) NBR 13969 – **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos – Projeto, construção e operação** – ABNT 1997
- 37) \_\_\_\_\_. Falta de água já afeta um terço da população mundial. .22 ago 2006
- 38) \_\_\_\_\_. Novos imóveis terão que guardar água da chuva. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 01 fev 2005
- 39) \_\_\_\_\_. Prédios novos precisarão ter reservatório para reter e armazenar água da chuva. Gazeta Mercantil, 04/02/2007. Disponível em <http://ademi.webtexto.com.br> Acessado em 13 mai 2009
- 40) CASEMIRO, Luciana. Que venha a chuva!. **Jornal O Globo**. Rio de Janeiro. 27 fev 2007