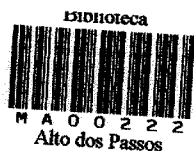


UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS



Kênia Aparecida de Souza

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ORIGEM E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO



Juiz de Fora - MG

Julho de 2005

Kênia Aparecida de Souza

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ORIGEM E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial à obtenção do título de “Tecnólogo em Meio Ambiente”.

Orientadora: Prof^a. MSc. Ana Maria Stephan
Co-orientadores: Prof^a MSc. Alexandre Lioi e Professor MSc. Marconi Fonseca.

Juiz de Fora - MG

Julho de 2005

Kênia Aparecida de Souza

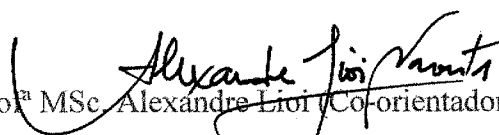
AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ORIGEM E RISCOS DE CONTAMINAÇÃO

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial à obtenção do título de "Tecnólogo em Meio Ambiente" e aprovada pelos orientadores:



Profª MSc. Ana Maria Stephan (Orientadora)

Universidade Presidente Antônio Carlos



Profª MSc. Alexandre Liori (Co-orientador)

Universidade Presidente Antônio Carlos



Professor MSc. Marconi Fonseca (Co-orientador)

Universidade Presidente Antônio Carlos

Juiz de Fora - MG

17/07/2005

Dedico este trabalho à minha mãe, da qual sempre tive apoio em todos os desafios por mim enfrentados. À minha família, aos amigos e aos educadores que sempre trabalharam na função de enriquecer o meu conhecimento. Deus é fiel!!! Tudo posso naquele que me fortalece!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de continuar vivendo.

Aos professores Alexandre Lioi e Marconi pela sua dedicação a este trabalho.

À Professora Ana Maria Stephan por fornecer meios e informações fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Nenhum sistema social pode ser mantido por um longo período quando a distribuição dos benefícios e dos custos – ou das coisas boas e ruins de um dado sistema – é extremamente injusta, especialmente quando parte da população está submetida a um debilitante e crônico estado de pobreza.

DIAS

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
1. A ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	11
1.1. Os Reservatórios Subterrâneos.....	12
1.2. Acesso aos reservatórios.....	12
2. PRINCIPAIS PROBLEMAS GERADOS PELO MAL USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	14
2.1. Superexploração dos Aquíferos.....	14
2.2. Contaminação das Águas Subterrâneas.....	14
3. AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO.....	15
3.1. Grau de contaminação e capacidade de recuperação.....	15
4. ATENUANTES DO SOLO.....	17
4.1. Tratamento natural contra a contaminação.....	17
4.1.1. Vulnerabilidade quanto ao tipo de aquífero.....	17
4.1.2. Profundidade do nível estático (espessura da zona de aeração).....	17
4.1.3. Permeabilidade da zona de aeração e do aquífero.....	18
4.1.4. A eficiência do solo como agente descontaminante.....	18
4.1.5. Tipo dos óxidos e minerais de argila existentes no solo.....	19
5. ORIGEM DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	20
5.1. Principais fontes de poluição.....	20
5.1.1. Fontes pontuais.....	20

5.1.2. Fontes lineares	20
5.1.3. Fontes difusas.....	21
5.2. Contaminação doméstica-.....	21
5.3. Contaminação agrícola-.....	22
5.3.1. Estudo de caso.....	22
5.4. Contaminação por extração mineral e outros.....	23
5.5. Contaminação por cemitérios.....	24
5.5.1. Estudo de caso.....	24
5.6. Contaminação por gasolina e derivados do petróleo.....	25
6. SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS DA CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS.....	26
6.1. Atitudes importantes para o controle das águas subterrâneas.....	26
6.1.1. Quanto ao poder público.....	27
7. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	29

RESUMO

O trabalho apresentado tem como objetivo explorar o problema da contaminação de águas subterrâneas tratando de modo científico as alterações decorrentes deste fato, bem como suas causas e conseqüências. Neste contexto se faz necessário situar, dentro do Ciclo Hidrológico, a ocorrência das águas subterrâneas e classificá-las segundo os conceitos hidrológicos. Além disso, serão abordados as fontes de poluição e os tipos de contaminação, tais como: doméstica, agrícola, por mineração, por necro-chorume e derivados de petróleo.

Para que se possa avaliar os riscos de contaminação serão explanados os fatores que influenciam no enquadramento de risco, assim como a capacidade de autodepuração do solo, os níveis de contaminação existentes e os métodos de prevenção ou redução dos impactos.

Palavras-chave: água subterrânea, ciclo hidrológico, poços, atenuação do solo, agentes poluidores e riscos de contaminação.

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas constituem cerca de 95% da água doce do nosso planeta. Apenas 5% formam todos os rios, lagos e outros. Esses números mostram a importância fundamental das águas subterrâneas.

Sua utilização tem aumentado muito nos últimos 20 anos, devido ao incremento da demanda. A degradação da qualidade das águas superficiais, consequência do crescimento populacional e do desenvolvimento industrial e agrícola-pecuário, também é um fator de aumento do uso das águas subterrâneas.

A presente monografia tem como objetivo abordar a importância das águas subterrâneas, grande fonte natural de abastecimento futuro, a ameaça constante de contaminação que estas reservas vem sofrendo mediante as ações antrópicas e a necessidade de medidas emergenciais para sanar tais questões. No entanto, foram realizadas consultas bibliográficas, pretendendo-se:

- descrever a dinâmica das águas subterrâneas e a circulação das mesmas no sistema solo-atmosfera;
- apontar as formas usuais de acesso aos reservatórios;
- relatar os principais problemas gerados pelo inadequado uso das águas subterrâneas;
- apontar os fatores principais que originam a contaminação dos aquíferos e atenuantes do solo;
- descrever as principais fontes de contaminação juntamente com os tipos (formas) que a mesma acontece; e
- assinalar medidas que minimizem a contaminação das águas subterrâneas.

Com base nestes estudos, podemos verificar a importância do aquífero, fonte de abastecimento futuro, e a necessidade de planos governamentais para gerenciamento deste recurso vital para que haja vida na Terra.

1. A ÁGUA SUBTERRÂNEA

Algumas características dos reservatórios e do solo onde estes se encontram, são fundamentais para a compreensão da dinâmica das águas subterrâneas e, conseqüentemente, dos seus agentes poluidores.

O ciclo hidrológico, como pode ser visto na Figura 1, é a contínua circulação de água em nosso planeta. As águas dos oceanos, rios, lagos, da capa superficial dos solos e aquela presente nas plantas evaporam-se (evapotranspiração) por ação dos raios solares. O vapor formado vai constituir as nuvens que, em condições propícias, condensam-se, precipitando-se em forma de chuva, neve ou granizo. Quando as precipitações caem no solo, uma parte da água escorre pela superfície, alimentando os rios, lagos e oceanos; outra se infiltra no solo e uma última parte volta a formar nuvens, regressando à atmosfera através da evaporação. É um ciclo sem fim.

Assim como a esponja absorve a água, os solos fazem o mesmo durante a infiltração, constituindo o que chamamos de águas subterrâneas. As águas se armazenam em diferentes profundidades e são alimentadas por rios, lagoas, canais e águas provindas de degelo.

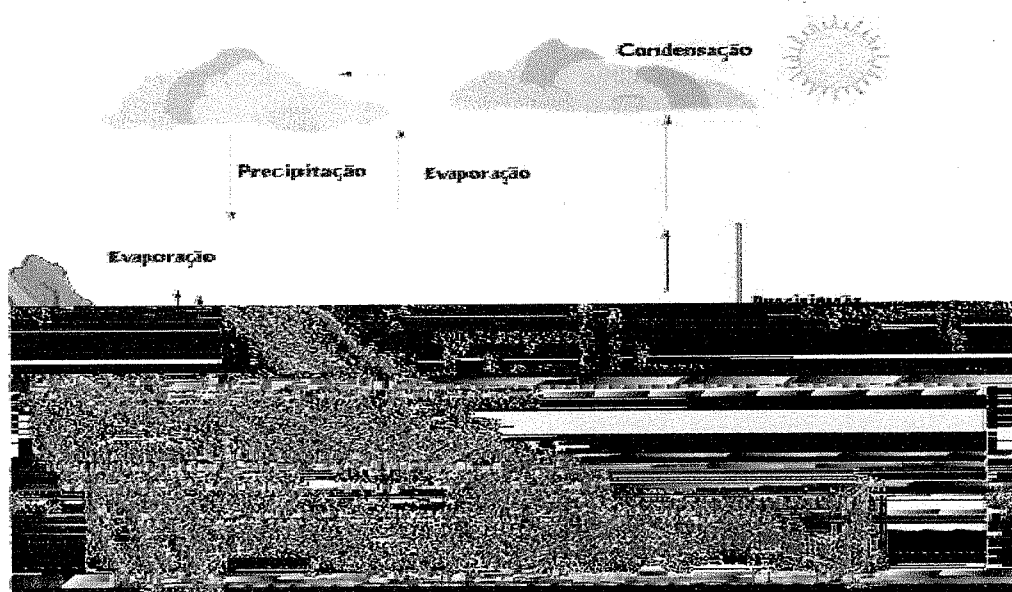


Figura 1 - Ciclo Hidrológico

Fonte: <<http://bottura.com.br/asub01.htm>>. Acesso em 25 Mai. 2005.

1.1. Os Reservatórios Subterrâneos

Quando a água se infiltra no solo, avança verticalmente pela força de gravidade, através dos poros (espaços vazios) existentes entre os grãos até chegar ao reservatório subterrâneo.

O reservatório subterrâneo é constituído por espaços ou poros das rochas, que são conectados entre si. É como se fosse um sistema de minúsculos encanamentos, onde a água se armazena e circula muito lentamente.

As características das rochas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Característica das rochas

Existem rochas menos resistentes que são compostas por grãos de areia, argila ou materiais granulosos (cascalho). A porosidade é constituída pelos vazios entre os grãos.	As rochas mais resistentes (duras) são impermeáveis, mas muitas vezes se encontram fraturadas. Então a água pode armazenar-se nos espaços entre as fraturas.	Existem também rochas - Chamadas calcáreo - que formam cavernas. Nesse caso, a água vai formando canais por dissolução, tal como diz o refrão: "A gota contínua cava pedra".
<i>porosidade primária</i>	<i>porosidade secundária</i>	

Fonte: CORSEUL, H.X. (1992)

Quanto à capacidade de armazenamento de água, o solo divide-se em zonas saturadas e não saturadas. A camada de solo situada sobre o reservatório subterrâneo é a *zona não saturada*, e zona onde está o reservatório chama-se *saturada*.

1.2. Acesso aos reservatórios

Para utilizar as águas subterrâneas, o homem dispõe-se dos afloramentos ou mananciais de onde a água brota espontaneamente ou através de poços. Destes os mais comuns são: poços escavados com aproximadamente 25 metros e os poços tubulares ou artesianos com profundidades que variam de dezenas a centenas de metros, conforme ilustra a Figura 2.

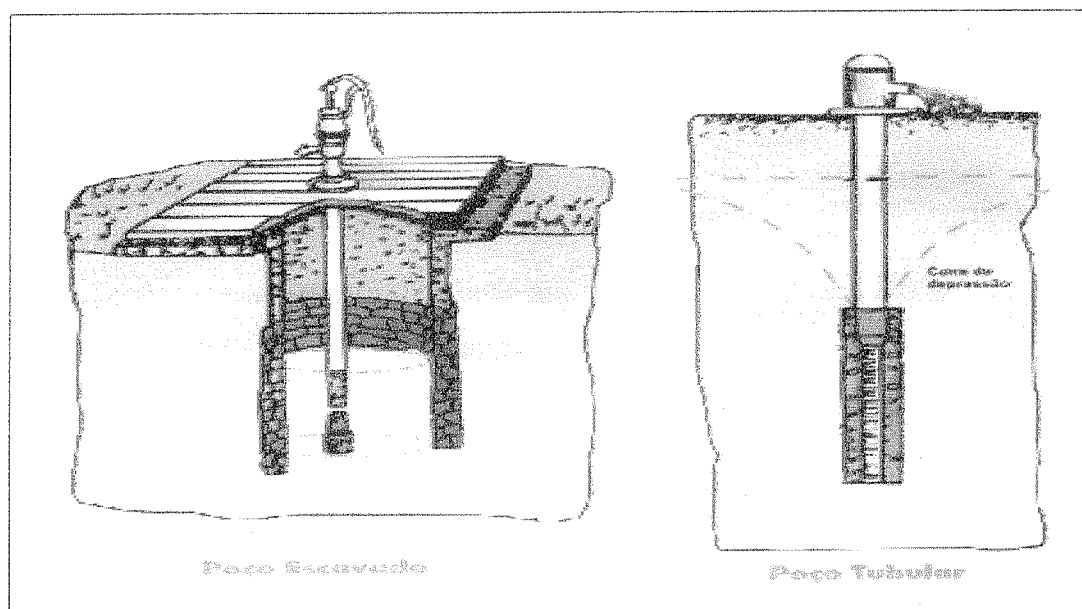


Figura 2 - Acesso à água subterrânea por poços escavados e tubulares.

Fonte: <http://bottura.com.br/asub01.htm>. Acesso em 25 Mai. 2005.

Se a pressão da água for nenhuma ou pequena, necessitamos bombeá-la para fora. As bombas hidráulicas são máquinas que sugam ou empurram, obrigando a água a subir. Há muitos tipos de bombas. De acordo com HIRATA (1991) as centrífugas, que têm umas palhetas que giram, impulsionando a água. Algumas funcionam embaixo d'água, pegando a água no fundo e empurrando-a para cima. Outras trabalham fora do poço, sugando a água, como se fosse um canudinho gigante. Existem ainda as manuais e as eólicas. Para se extrair grandes volumes de água é necessário usar motores elétricos ou a explosão.

2. PRINCIPAIS PROBLEMAS GERADOS PELO MAL USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Atualmente existem cidades abastecidas, em parte ou totalmente, por águas subterrâneas. Apesar de toda a importância que têm as águas subterrâneas na América Latina e no Caribe, existe muito pouca ou nenhuma preservação.

As águas subterrâneas podem, então, apresentar dois problemas:

2.1. Superexploração dos Aquíferos

É a diminuição do nível de água subterrânea nos aquíferos, por causa da perfuração de um número exagerado de poços ou pela proximidade deles e de sua contínua exploração. Isto ocasiona por sua vez um aumento nos custos de bombeamento, uma diminuição do rendimento dos poços, um rebaixamento nos terrenos e, em casos extremos, a seca dos aquíferos.

2.2. Contaminação das Águas Subterrâneas

É talvez o problema mais grave e ao qual tão pouco se presta à devida atenção. Os mananciais de águas subterrâneas um dia poderão abastecer grandes cidades ou imensas áreas, mas por descaso público, desinteresse da sociedade e falta de informação quanto à sua importância e vulnerabilidade este fato tem causado grandes impactos ao meio ambiente.

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO

O risco de contaminação das águas subterrâneas depende de dois fatores: da vulnerabilidade intrínseca do aquífero e da periculosidade dos contaminantes

Vulnerabilidade é o conjunto de características do aquífero, que determinam o quanto ele poderá ser afetado pela ação de um contaminante. Dessa forma, as características abordadas no início deste trabalho, tais com: a espessura da zona não saturada (profundidade do nível da água), tipo de porosidade (primária ou secundária), tipo de rocha ou solo, velocidade das águas subterrâneas, o rendimento do aquífero, etc vão desempenhar um papel fundamental.

O tipo do contaminante será mais perigoso quanto mais móvel e/ou persistente sejam os meios não saturados e saturados. A partir daí, se a quantidade de contaminante descarregada for grande pode-se superar a capacidade atenuada do solo. Em regiões muito chuvosas, até mesmo pequenas quantidades de contaminantes podem alcançar rapidamente os aquíferos, através do transporte pelas águas provenientes da chuva e infiltração pelo solo.

3.1. Grau de contaminação e capacidade de recuperação

Investigar o grau de contaminação é custoso, toma tempo e é difícil: requer a construção de uma rede de poços de observação, o recolhimento sistemático de amostras de água e solo para análises, entre outros.

A Figura 3 representa o grau de risco de contaminação em função do tipo de aquífero. Se investigar não é fácil, recuperar um aquífero contaminado é difícilíssimo. As técnicas existentes até o momento têm o custo elevado e geralmente são pouco práticas.

Sua recuperação poderia ocorrer após muitos anos de um amplo tratamento. Existem casos de extrema gravidade que melhor seria abandoná-lo. Não estamos falando de casos hipotéticos e sim de realidades. Em 1982, ocorreu o derramamento acidental de produtos químicos altamente perigosos na costa norte de Porto Rico. O volume derramado foi de 57 m³ de produto, que contaminaram o aquífero. A situação gerou um gasto de US\$ 10 milhões, investidos em três anos de estudos, tentativas de limpeza e buscas de outras fontes de

abastecimento de recursos, que pudessem recuperar os poços abandonados. As medidas têm reduzido a contaminação. Porém ela ainda não acabou.

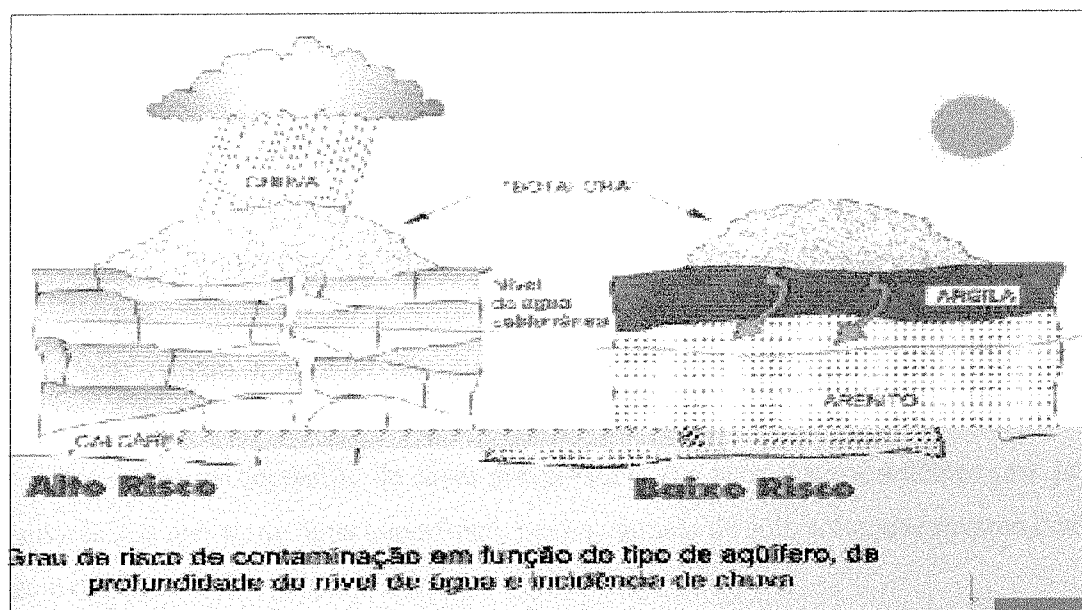


Figura 3 - Grau de risco de contaminação

Fonte: <<http://bottura.com.br/asub01.htm>>. Acesso em 25 Mai. 2005.

4. ATENUANTES DO SOLO

4.1. Tratamento natural contra a contaminação

Para que um contaminante chegue às águas subterrâneas, ele primeiro infiltra-se e atravessa o solo (a chamada zona não saturada). Muitas vezes é um processo muito lento e quanto mais tempo demore, melhor. Esse fenômeno pode ser chamado de *atenuação*.

Na zona não saturada, graças à presença de água, ar e microorganismos, ocorrem reações que podem modificar muitos contaminantes, tornando-os inofensivos ou menos perigosos. Existem contaminantes que simplesmente param.

No geral os depósitos de água subterrânea são bem mais resistentes aos processos poluidores dos que os de água superficial, pois a camada de solo sobrejacente atua como filtro físico e químico.

A facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá dos seguintes fatores:

4.1.1. Vulnerabilidade quanto ao tipo de aquífero

Os aquíferos freáticos (livres) são mais vulneráveis do que os confinados ou semiconfinados. Aquíferos porosos são mais resistentes dos que os fissurais, e entre estes os mais vulneráveis são os cársticos.

4.1.2. Profundidade do nível estático (espessura da zona de aeração)

Como esta zona atua como um reator físico-químico, sua espessura tem papel importante. Espessuras maiores permitirão maior tempo de filtragem, além do que aumentarão o tempo de exposição do poluente aos agentes oxidantes e adsorventes presentes na zona de aeração.

4.1.3. Permeabilidade da zona de aeração e do aquífero

A permeabilidade da zona de aeração é fundamental quando se pensa em poluição. Uma zona de aeração impermeável ou pouco permeável é uma barreira à penetração de poluentes no aquífero.

Aquíferos extensos podem estar parcialmente recobertos por camadas impermeáveis em algumas áreas enquanto em outras acontece o inverso. Estas áreas de maior permeabilidade atuam como zona de recarga e têm uma importância fundamental em seu gerenciamento.

Por outro lado, alta permeabilidade (transmissividade) permite uma rápida difusão da poluição. O avanço da mancha poluidora poderá ser acelerado pela exploração do aquífero, na medida que aumenta a velocidade do fluxo subterrâneo em direção às áreas onde está havendo a retirada de água.

No caso de aquíferos litorâneos, a superexploração poderá levar à ruptura do frágil equilíbrio existente entre água doce e água salgada, produzindo o que se convencionou chamar de intrusão marinha.

4.1.4. A eficiência do solo como agente descontaminante

Quando um determinado contaminante não pode ser degradado pela zona não saturada (seja devido às características do solo e/ou do contaminante, ou à pequena espessura do solo), acaba chegando às águas subterrâneas. Aqui também pode ocorrer uma atenuação do contaminante. Porém a zona saturada é menos eficiente que a zona não saturada.

Na zona saturada o contaminante vai se espalhando e, dependendo da quantidade de água disponível, produz uma diminuição de sua concentração conforme pode ser observado na Figura 4.

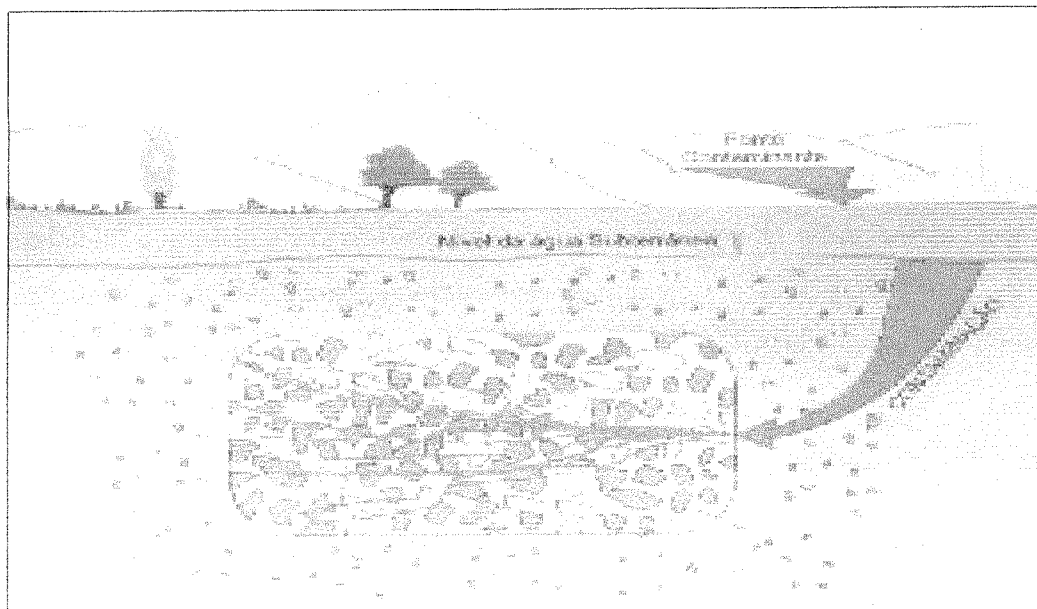


Figura 4 - Dinâmica da contaminação das águas subterrâneas

Fonte: <<http://bottura.com.br/asub01.htm>>. Acesso em 25 Mai. 2005.

4.1.5. Tipo dos óxidos e minerais de argila existentes no solo

Sabe-se que estes compostos, por suas cargas químicas superficiais, têm grande capacidade de reter uma série de elementos e compostos.

Na contaminação de um solo por nitrato, sabe-se que o manejo de fertilizantes, com adição de gesso ao solo, facilita a reciclagem do nitrogênio pelos vegetais e, conseqüentemente, a penetração do nitrato no solo é menor. Da mesma forma, a mobilidade dos íons nitratos é muito dependente do balanço de cargas. Solos com balanço positivo de cargas suportam mais nitrato. Neste particular, é de se notar que nos solos tropicais os minerais predominantes são óxidos de ferro e alumínio e caolinita, que possuem significantes cargas positivas, o que permite interação do tipo íon-íon (interação forte) com uma gama variada de produto que devem sua atividade pesticida a grupos moleculares iônicos e polares.

Um poluente após atingir o solo, poderá passar por uma série de reações químicas, bioquímicas, fotoquímicas e inter-relações físicas com os constituintes do solo antes de atingir a água subterrânea. Estas reações poderão neutralizar, modificar ou retardar a ação poluente.

5. ORIGEM DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A contaminação das águas subterrâneas ocorre quando os agentes contaminantes chegam ao solo, que pode absorvê-los como se fosse uma esponja ou deixá-los chegar até a água subterrânea. Esta pode ocorrer por duas vias distintas:

- através da água de chuva, que logo se infiltra pela parte inferior até alcançar os níveis de água; e
- pelo movimento lateral dos agentes contaminantes, uma vez que tenham chegado à água subterrânea.

5.1. Principais fontes de poluição

5.1.1. Fontes pontuais

São as que atingem o aquífero através de um ponto. Exemplos: sumidouros de esgotos domésticos, comuns em comunidades rurais, aterros sanitários, vazamentos de depósitos de produtos químicos, vazamentos de dutos transportadores de esgotos domésticos ou produtos químicos. Estas fontes são responsáveis por poluições altamente concentradas na forma de plumas.

5.1.2. Fontes lineares

São as provocadas pela infiltração de águas superficiais de rios e canais contaminados. A possibilidade desta poluição ocorrer dependerá do sentido de fluxo hidráulico existente entre o curso d'água e o aquífero subjacente. É necessário enfatizar que, ao longo de um mesmo curso, há lugares onde o fluxo se dá do aquífero para o talvegue e outros onde se passa o inverso, isto é, as águas do rio se infiltram em direção ao aquífero. A existência de poços profundos em funcionamento nas proximidades do curso d'água poderá forçar a infiltração de água contaminada no aquífero invertendo o seu fluxo ou aumentando sua velocidade.

5.1.3. Fontes difusas

São as que contaminam áreas extensas. Normalmente são devidas de poluentes transportados por correntes aéreas, chuvas e pela atividade agrícola. Em aglomerados urbanos, onde não haja rede de esgotamento sanitário, as fossas sépticas e sumidouros estão de tal forma regularmente espaçadas que o conjunto acaba por ser uma fonte difusa de poluição. A poluição proveniente das fontes difusas se caracteriza por ser de baixa concentração e atingir grandes áreas.

Os contaminantes são produtos da ação do homem em suas atividades domésticas, industriais, agrícolas, de extração mineral e etc.

5.2. Contaminação doméstica

Os resíduos domésticos são materiais orgânicos que podem contaminar as águas. Os resíduos se transformam em nitratos¹.

Os aquíferos freáticos estão muito ameaçados em lugares onde não há tratamento e as águas servidas são evacuadas em fossas ou latrinas de diversos tipos.

Quando houver tratamento, a preocupação será onde evacuar os resíduos coletados, se há algum tipo de tratamento, e etc. Os aquíferos também podem contaminar-se através de lagoas de estabilização, rios receptores de resíduos e irrigação com águas já servidas. Assim mesmo, os terrenos sanitários e principalmente os depósitos de lixo podem ser fonte de contaminação de origem doméstica.

¹ Substâncias potencialmente cancerígenas, que podem também conter organismos transmissores de enfermidades de origem hídrica (diarréia, tifo, cólera, entre outras).

5.3. Contaminação agrícola

As práticas agrícolas atuais são potencialmente contaminantes, devido às formas mecanizadas de manejo do solo, à aplicação intensiva e prolongada de fertilizantes inorgânicos, em grandes áreas, assim como a utilização de praguicidas. Ainda há a irrigação excessiva dos solos, um agravante que contribui para o arraste e infiltração de nutrientes (especialmente nitratos), sais e derivados de compostos orgânicos.

A Figura 5 apresenta o processo de contaminação por práticas agrícolas.

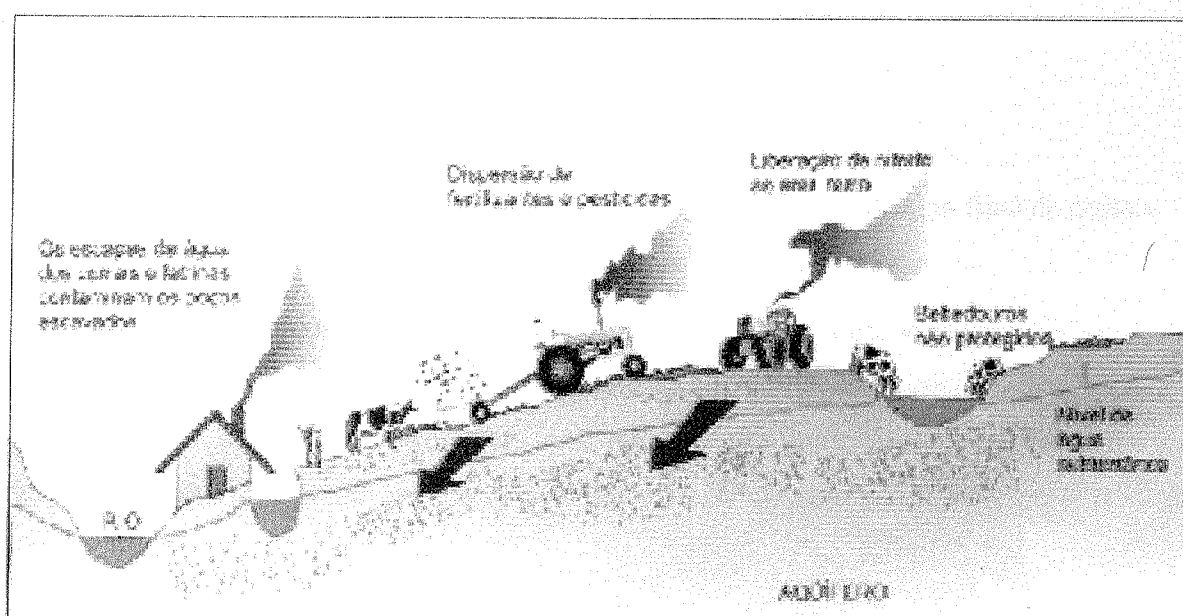


Figura 5 - Processo de contaminação de origem agrícola.

Fonte: <<http://bottura.com.br/asub01.htm>>. Acesso em 25 Mai. 2005.

5.3.1. Estudo de caso

Diversos estudos têm sido realizados no sentido de evitar ou amenizar os impactos dos produtos usados na agricultura para correção e preparação do solo e dentre eles destaca-se o trabalho de Alexandre e Szikszay (1999). Segundo este autor, a contaminação por As, Cu, Pb, e Zn, provenientes de herbicidas e fungicidas, dos solos e águas do lençol freático de região de vinicultura de Jundiaí, Estado de São Paulo, encontraram o seguinte:

- os minerais predominantes nos solos estudados são o quartzo e a caolinita, havendo um horizonte enriquecido em ferro na parte superior da zona saturada.
- O solo da área encontra-se poluído por chumbo e cobre.

5.5. Contaminação por cemitérios

Os cemitérios também são fontes geradoras de grandes impactos ambientais. A localização e operação inadequadas de necrópoles em meios urbanos podem provocar a contaminação de mananciais hídricos por microrganismos que proliferam no processo de decomposição dos corpos. Se o aquífero freático for contaminado na área interna do cemitério, esta contaminação poderá fluir para regiões próximas, aumentando o risco de saúde nas pessoas que venham a utilizar desta água captada através de poços rasos.

5.5.1. Estudo de caso

Estudos de investigação nos Cemitérios de Vila Nova Cachoeirinha e Vila Formosa, São Paulo, mostraram que o aquífero livre encontra-se contaminado por microrganismos (Figura 7). Em alguns locais, o nível freático encontra-se próximo da superfície (~0,50 m) fazendo com que alguns corpos fiquem imersos nas águas subterrâneas, propiciando a saponificação² dos mesmos. Um projeto de apoio à pesquisa está sendo desenvolvido no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha para verificar a extensão da contaminação. Sondagens elétricas, caminhamentos eletromagnéticos, furos de sondagem, coletas de amostras de solo e água para análises química, física e bacteriológica estão sendo realizados. Testes foram executados para obter a condutividade hidráulica em torno de furos e para estimar o fluxo das águas subterrâneas. Em laboratório, foram montadas colunas de solo coletado da área de estudo. Traçadores químicos e biológicos foram injetados na coluna e o seu fluxo monitorado na saída da mesma.

² Processo de conversão a sabão por processo químico.



Figura 7 - Afloramento do necro-chorume.

Fonte: <<http://bottura.com.br/asub01.htm>>. Acesso em 25 Mai. 2005.

5.6. Contaminação por gasolina e derivados do petróleo

A contaminação de águas subterrâneas por vazamentos em postos de combustíveis vem merecendo atenção cada vez maior da população em geral como dos órgãos estaduais de controle ambiental. As indústrias do petróleo lidam diariamente com problemas decorrentes a vazamentos, derrames e acidentes durante a exploração, refinamento, transporte, e operações de armazenamento do petróleo e seus derivados.

Em um derramamento de gasolina uma das principais preocupações é a contaminação de aquíferos que sejam usados como fonte de abastecimento de água para o consumo humano.

Os hidrocarboretos monoaromáticos, benzeno, tolueno, etilbenzeno e os três xilenos chamados de compostos de BTEX, são os constituintes da gasolina que têm a maior solubilidade em água e, portanto, são os contaminantes que primeiro irão atingir o lençol freático.

Estes contaminantes são considerados substâncias perigosas, por serem depressantes do sistema nervoso central e por causarem leucemia em exposições crônicas. Dentro os BTEX, o benzeno é considerado o mais.

6. SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS DA CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS

O primeiro passo para prevenir essa situação é tomar consciência da magnitude e gravidade do problema., o que não é o suficiente. É preciso tomar precauções e promover algumas ações.

Nas zonas urbanas, onde as águas subterrâneas são uma fonte importante de abastecimento - atuante ou potencial - para a população, é necessário que se estabeleçam áreas de "zoneamento da vulnerabilidade da contaminação", a partir das características naturais dos aquíferos. Pode-se assinalar como zonas de alta vulnerabilidade, entre outras, as seguintes situações:

- aquíferos muito permeáveis (arenitos ou rochas com permeabilidade secundária considerável) e com níveis de água pouco profundos; e
- áreas de recarga de aquíferos confinados.

6.1. Atitudes importantes para o controle das águas subterrâneas

- Controle estrito e vigilância permanente, proibindo a instalação de indústrias portadoras de grandes volumes de efluentes perigosos para a saúde;
- No caso de já existirem indústrias na área e com armazenamento de resíduos perigosos nos seus pátios, realizar um inventário do tipo e do volume do efluente e estabelecer requisitos estritos para as plantas de tratamento, com uma avaliação contínua de sua eficácia;
- Limitar o máximo possível a instalação e operação de terrenos sanitários. Quando não houver alternativa, seu funcionamento deve estar sob medidas de controle estrito. Suas despesas se justificam ao diminuir o risco de contaminação do aquífero;
- Fiscalização efetiva e constante;
- Nas zonas rurais, desde o ponto de vista da agricultura, deve-se implantar regras nas práticas agrícolas a fim de controlar os tipos de fertilizantes e pesticidas, assim como orientar sobre as formas e tipos de cultivo e as adequados volumes de água aplicados na irrigação;
- Também é necessário controlar o despejo direto de resíduos minerais como os provenientes de lagoas de estabilização até os cursos de águas superficiais, principalmente.

- A própria população, organizadamente, pode e deve apontar as possíveis fontes de contaminação e os efeitos que afetam a saúde pública, exigindo das autoridades interesse e dedicação.

6.1.1. Quanto ao poder público

As autoridades deveriam promover as seguintes ações:

- analisar a legislação vigente com respeito à proteção dos aquíferos e adequá-la às necessidades da região;
- acompanhar o cumprimento dos dispositivos legais referentes à proteção dos aquíferos contando com organismos e recursos humanos e financeiros para resolver a situação;
- estabelecer políticas e programas regionais de prevenção e controle da contaminação e para a busca de soluções dos problemas existentes. Assim mesmo, será necessário delinear campanhas de divulgação e capacitação, com o objetivo de prevenir problemas em outras áreas.

7. CONCLUSÃO

Como se vê, a água subterrânea, como recurso natural renovável, pode degradar-se e converter-se em inutilizável devido a sua contaminação. Portanto é de suma importância que a sociedade como um todo, tenha consciência da gravidade dos problemas abordados neste trabalho e que as autoridades competentes tomem atitudes administrativas que previnam contaminação das águas subterrâneas para que os impactos decorrentes deste fato sejam anulados ou abrandados. Pois é sempre importante frizar o seguinte lema: **"Preservar as águas subterrâneas é cuidar da saúde de todos"**.

REFERÊNCIAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L., **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. *Revista de Saúde Pública*. Rio de Janeiro: [s.n.], ano 1998, n. 32, p. 160-165.

BICALHO, K. V, **Dissolução de Gasolina em Presença de Água e Etanol**. 1997. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. **Portaria** No. 1469. 2001, Ministério da Saúde, 2001. disponível em: <http://www.funasa.gov.br/amb/pdfs/portaria-1469.pdf>. Acesso em 15 abr 04

CORSEUIL, H. X. & MARINS, M. D. M. **Contaminação de água subterrânea por derramamento de gasolina: O problema é grave?**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1992

ESTANISLAU, S.; LEINZ, V, **geologia geral**. Brasília: Nacional, 1987

FREIRE, Genebaldo F. **educação ambiental – princípios e práticas**. 7ª ed. São Paulo: Gaia, 2001

PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.), **Relatório Anual de Atividades**. Rio de Janeiro, 1995.

HIRATA, R. C. A. **Águas Subterrâneas: uma introdução à gestão de qualidade e quantidade**. Apostila de curso. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. 1991. p.

Contaminação das águas subterrâneas. Rio de Janeiro, 31 mar. 2004. Disponível em: <http://bottura.com.br/asub01.htm>. Acesso em 25 Mai. 2005.

<http://www.tratamentodeagua.com.br/informativos/acervo>