



Protecção de Fontes de Agua Potavel

210 96PR

International Water and Sanitation Centre

IRC



IRC CENTRO INTERNACIONAL DE AGUA E SANEAMENTO

IRC é uma organização independente e sem fins lucrativos. Recebe o apoio e tem vínculos com o Governo Holandês, PNUD, UNICEF, Banco Mundial e OMS. Frente a esta, atua ainda como Centro de Colaboração para Abastecimento de Água e Saneamento às Comunidades.

O centro procura que os programas de água e saneamento ambiental estejam mais dirigidos ao atendimento de necessidades das populações. Procura alcançar este objetivo através da geração, comunicação e aplicação de informações sobre aspectos prioritários e, cada vez mais, através da capacitação para a execução de serviços de apoio e da gestão da informação ao nível dos países, em colaboração com os centros de recurso local e instituições associadas, e com todos os interessados que estejam envolvidos em um contínuo processo de aprendizagem.

Todas as atividades desenvolvem-se em associação com organizações governamentais e não governamentais nos países em desenvolvimento, com as agências das Nações Unidas, agências bilaterais e bancos de desenvolvimento.

As atividades dos programas enfatizam o enfoque comunitário para sistemas de abastecimento de água e de saneamento em meio rural e em áreas semi-urbanas e a gestão de recursos hídricos. Eles incluem a gestão comunitária, a promoção da higiene, gênero, monitorização, finanças e operação e manutenção. A todos os níveis de atuação procura-se estimular uma comunicação eficiente.

O quadro de pessoal multi-disciplinar do IRC oferece assistência a atividades de campo através da pesquisa, treinamento e capacitação, da avaliação e serviços de consultoria, de publicações, serviços de documentação e sensibilização da opinião pública e das autoridades para as necessidades do setor.

IRC Centro Internacional de Água e Saneamento
PO Box 93190
2509 AD La Haya
Holanda

Tel: + 31 (70) 3068930
Fax: + 31 (70) 3589964
E-mail: general@irc.nl

Protecção de fontes de água potável

Uma análise dos factores ambientais que afectam
o abastecimento de água às comunidades

M. D. Lee e T. F. Bastemeijer

LIBRARY IRC
PO Box 93190, 2509 AD THE HAGUE
Tel.: +31 70 30 689 80
Fax: +31 70 35 899 64
BARCODE: 14801
LO: 210 96 PR

IRC Centro Internacional de Água e Saneamento

Haia, Holanda

1996

Índice

Prefácio	v
Resumo	vii
1. Introdução	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Fontes de água e o meio ambiente	2
1.3 Ênfase nas comunidades utentes	4
2. Considerações Metodológicas e Definições	5
2.1 Definição dos problemas das fontes	5
2.2 Tipos de fontes de água	7
2.3 Áreas de captação	9
2.4 Ligação causa-efeito: um modelo	10
3. Factores Ambientais que Afectam os Pequenos Sistemas Comunitários de Abastecimento de Água	11
3.1 Análise de questões de qualidade e quantidade	11
3.2 Contaminação micro-biológica	11
3.3 Poluição química	14
3.4 Caudal insuficiente devido ao mau funcionamento dos sistemas	19
3.5 Caudal insuficiente devido à procura competitiva	20
3.6 Caudal decrescente devido a mudanças no uso da terra	22
4. Factores que Afectam os Pequenos e Grandes Sistemas de Abastecimento e Água	25
4.1 Análise de questões relativas à qualidade e à quantidade	25
4.2 Poluição industrial de lençóis de água e de água de superfície	25
4.3 Uso de pesticidas, fertilizantes e outros poluidores químicos na agricultura	29
4.4 Descarga de esgotos	31
4.5 Extracção excessiva de lençóis de água	33
4.6 Mudanças no uso da terra em grandes áreas de captação das fontes	36
5. Experiência de uma Melhor Gestão dos Recursos Hídricos	40
5.1 Avaliação dos riscos	40
5.2 Soluções técnicas	45
5.3 Aspectos institucionais e legais da protecção das fontes	53
6. Conclusões e Considerações mais Abrangentes	59
6.1 Necessidade de abordar a questão da protecção das fontes de água de forma mais sistemática	59
6.2 Causas dos problemas das fontes locais e regionais de água	59
6.3 Falta de informação segura	59
6.4 Legislação que não entrou em vigor	60
6.5 Falta de consciencialização	60
6.6 Considerações mais abrangentes	60

Lista das figuras

1.	O ciclo hidrológico	5
2.	Principais factores que afectam as fontes de água	10
3.	A água é muitas vezes contaminada pela comunidade utente	12
4.	Contaminação dos poços a partir de latrinas	16
5.	Tanques sépticos antigos e despejo do lixo contribuem para a poluição por nitratos	18
6.	Poluição da água de superfície pelas indústrias	26
7.	Mais de 90% dos esgotos são descarregados sem tratamento	31
8.	A extracção intensiva dos aquíferos de água doce adjacentes às fontes de água salgada provoca a intrusão de água salgada	34
9.	Os efeitos do desflorestamento	37
10.	Utentes que poluem a sua fonte de abastecimento de água	47
11.	Utentes que protegem a sua fonte de abastecimento de água	47
12.	Local de lavagem de roupa de um barrio perto de um ponto de abastecimento de água na Tanzania	48
13.	a vedações e cercas podem constituir uma medida eficaz de protecção	49
14.	Silvicultura na aldeia	52

Lista dos quadros

1.	Definição dos problemas das fontes	6
2.	Tipos de fontes de água	8
3.	Factores ambientais que afectam os pequenos sistemas comunitários de abastecimento de água	11
4.	Factores ambientais que afectam os utentes de pequenos e grandes sistemas de abastecimento de água	25

Prefácio

Este Documento Ocasional foi preparado pelo IRC, com apoio financeiro do Departamento de Água Potável do Ministério da Habitação, Planeamento Físico e Ambiente (VROM) dos Países Baixos. Apresentamos agradecimentos especiais a Anneke Goedkoop do Ministério VROM que encorajou o IRC a explorar o assunto e que também participou em várias reuniões e discussões.

A fonte de informação foi a base de dados bibliográficos do IRC (IRCDOC), revistas periódicas, elementos em instituições da área e documentação colocada à disposição por uma série de organizações e projectos. Os casos referidos no relatório indicam a natureza dos problemas da fonte de água e das medidas de protecção, mas não pretendem apresentar uma imagem completa das situações locais, uma vez que esta pesquisa não incluiu estudos no terreno nem análises laboratoriais.

Prevê-se que os estudos no terreno tenham início numa próxima fase desta pesquisa, de preferência em cooperação com instituições nacionais dos países que enfrentam problemas de protecção de fontes e que demonstraram interesse em resolvê-los. Os estudos no terreno facilitaram a informação necessária para a preparação de uma acção coordenada ao nível nacional, com o apoio de agências externas de ajuda e instituições especializadas.

Com base na informação disponível, torna-se claro que a protecção das fontes de água potável tornou-se um factor chave que afecta a sustentabilidade do abastecimento de água potável e do saneamento. A persecução dos objectivos definidos pelos governos e agências externas de ajuda, aquando da sua reunião em Deli em Setembro de 1990, depende, pois, da prioridade dada à gestão dos recursos hídricos em geral e, em particular, da protecção das fontes de água potável. Espera-se que este documento contribua para uma maior consciencialização quanto aos factores ambientais que afectam as fontes de água e que estimule os governos e as agências externas de ajuda a traçar estratégias efectivas para a abordagem desta questão.

Este relatório foi escrito por Michael Lee (Consultor) e Teun Bastemeijer do IRC. Lisette Burgers contribuiu com a selecção de literatura relevante existente na biblioteca do IRC. Cor Dietvorst realizou uma pesquisa exaustiva das bases de dados externas para identificar informação adicional. As ilustrações foram preparadas pelo Sr. Figeo, o qual também contribuiu com comentários úteis à proposta preliminar de publicação. Han Heynen, Christine van Wijk e Dick de Jong fizeram uma revisão à proposta final. A edição final foi feita por Michael O'Brien e a introdução no computador foi feita por Lauren Houttuin. As instituições DHV-Consulting Engineers, Delft Hydraulics, TNO-Institute for Geoscience e a RIVM-Office for International Cooperation (BIS) contribuíram na fase inicial através da sua participação numa reunião de peritos realizada em Setembro de 1989.

Os autores pretendem manifestar a sua gratidão pelas contribuições recebidas dos seguintes elementos: Brian Adams (British Geological Survey), Arendt Bosscher (ITC), Tesheme Ghebtsawi-Tsighe (Instituto Ardhi - Perito Associado para a Direcção da Cooperação Internacional dos Países Baixos), Nico Pieterse (Haskoning), Hans Elzenga (RIVM - Divisão para a Cooperação Internacional), Louis Laugeri (Organização Mundial da Saúde), Barry Lloyd (Unidade da Saúde Ambiental, Robens Institute) e Jan Teun Visscher (IRC) que participaram

numa reunião do grupo de trabalho realizada no IRC em Maio de 1990. O Dr. Hespanhol também contribuiu para esta reunião com um documento por si preparado sobre a reciclagem de águas negras, mas não pôde participar nela. A sua contribuição é reconhecida com gratidão. Os documentos apresentados durante esta reunião são referidos exhaustivamente neste Documento Ocasional.

Resumo

Antecedentes

Os sistemas de abastecimento de água potável afectam os recursos hídricos e são afectados por eles, mas a agricultura e indústria são, muitas vezes, os principais utentes da água e também os principais poluidores. A protecção de fontes de água potável, em particular fontes de abastecimento de água de pequena e média dimensão, merece atenção urgente, tendo em vista o número cada vez maior destes sistemas e a necessidade de garantir a sua sustentabilidade.

Embora não se preveja uma escassez de água à escala mundial dentro dos próximos 150 anos, já se regista a ocorrência de problemas à escala regional e nacional. Num estudo recente sobre os problemas dos recursos hídricos, 15 entre 35 países enfrentavam problemas de escassez graves (Cessti, 1989). Na maior parte dos países, o uso da água cresce mais rapidamente que a população. Consequentemente, é provável que o número de países que enfrentam problemas de falta de água venha a aumentar, prevendo-se a ocorrência mais frequente de problemas graves nos próximos anos. A irrigação é responsável por cerca de 80% da utilização da água (OMS, 1990) e contribui em 10% para a poluição. A área total de regadios triplicou entre 1951 e 1980. Esta taxa de aumento mantém-se por enquanto. Prevê-se que o uso industrial, calculado em 10% do consumo total de água e responsável por 80% da poluição, continue a aumentar (Comité de Planeamento do Desenvolvimento, 1990). O consumo doméstico é responsável por menos de 10% do uso total da água, mas é cada vez mais afectado pelos problemas dos recursos hídricos acima mencionados.

Existem muitos exemplos que indicam a necessidade urgente de proteger as fontes de água potável e de gestão de recursos hídricos. No estado de Maharashtra, Índia, a exploração de água subterrânea para a produção de açúcar faz com que os poços das aldeias sequem e que os aquíferos se tornem salinos. As fábricas de processamento começaram a utilizar água proveniente de furos profundos e o consequente esgotamento rápido da água subterrânea entre 1985 e 1987 fez com que o número de aldeias sem uma fonte permanente de água potável aumentasse de 1.800 para 23.000 devido ao facto de os poços públicos e privados terem secado. No Estado de Gujarat, ao longo da região costeira de Saurashtra, a mudança para uma bombagem mecanizada da água subterrânea para efeitos de irrigação dos canaviais e processamento da cana do açúcar provocaram uma redução do nível de lençol freático de 10 a 35 metros e uma intrusão de água salina devido à inversão do gradiente hidráulico. Calcula-se que mais de 12.000 poços tenham ficado fora do uso, afectando 280.000 pessoas.

Em Baluchistan, no Paquistão, os níveis de água subterrânea têm estado a decrescer em certos vales a uma taxa de 26 cm/ano desde os anos 60, em resultado da degradação da terra devido à utilização excessiva da vegetação para pastos e à extracção de água subterrânea para irrigação. Em Cabo Verde, constatou-se que o recarregamento de água duplicou depois do reflorestamento com pinheiros, mas esta experiência não pôde ser repetida devido a limitações de natureza legal e institucional, muito embora exista escassez de água para irrigação e uso doméstico.

Na América Latina, os rios Reconquista e Matanza na Argentina, os rios Choqueyapu-Reni na Bolívia, o rio Tietê no Brasil, o rio Magdalena na Colombia e muitos outros recebem níveis

graves de poluição tóxica industrial devido a descargas não tratadas das fábricas. No Yemen, o controlo dos níveis de água subterrânea na planície de Sana indicou que os níveis de água subterrânea decresceram em 20 metros num espaço de dez anos.

Este documento ocasional apresenta uma análise da informação existente relativa a tais problemas, avalia as suas causas e a sua natureza, identifica experiências para resolver ou controlar estes problemas, com ênfase específica nas fontes de água potável para sistemas de abastecimento de água de pequena e média dimensão e no papel das comunidades utentes na protecção das fontes de água potável. Também identifica prioridades para o início de actividades ao nível dos países e sugere formas para tratar, de forma mais sistemática, a questão da protecção de fontes de água.

Sustentabilidade ambiental e gestão comunitária

Pode-se calcular que se a meta de água potável para todos no ano 2000 for atingida, a quantidade de água potável limpa e segura existente deve aumentar quatro ou cinco vezes. Tomando em consideração o crescimento rápido, em termos de procura, e o conseqüente aumento dos problemas ambientais, a importância relativa dos problemas das fontes no que diz respeito à sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água e à saúde da população irá aumentar dramaticamente em todos os países. Este facto aplica-se aos países em que problemas desta natureza ainda não são considerados como graves. A gestão dos recursos hídricos e a protecção das fontes é, portanto, essencial para aumentar a utilização eficiente das fontes de abastecimento de água existentes.

Muitas vezes a população não está suficientemente consciencializada sobre os factores ambientais que afectam as suas fontes de água potável. Considerando que as comunidades utentes estão cada vez mais envolvidas na gestão de sistemas de abastecimento de água e de saneamento de pequena e média escala, coloca-se a necessidade de explorar formas de envolvê-las mais efectivamente na protecção ou melhoramento das suas fontes de água potável. A integração de questões ambientais nos processos sistemáticos de envolvimento da comunidade parece ser importante para incutir o interesse nas autoridades e conseguir uma maior prioridade para a protecção das fontes de abastecimento de água potável.

Identificação das causas dos problemas das fontes

Um problema na fonte ocorre quando uma fonte de água já não é adequada nem segura. Uma fonte adequada é a que garante o abastecimento de água potável de boa qualidade e em quantidade suficiente, tanto do ponto de vista da comunidade utente, como da agência ou departamento do Governo responsável por este sector. Logo que uma fonte de água deixe de ser adequada ou segura, pode ainda assim continuar a ser a melhor fonte disponível.

Por exemplo, pode ser que se continue a usar água poluída se não houver consciência dos riscos, em termos de saúde, que os utentes correm. Este é especialmente o caso quando a natureza da poluição não afecta nem a cor nem o sabor, ou quando não existe outra fonte alternativa de água. Portanto, pode-se assumir que os efeitos de fontes de água deteriorada na saúde estão espalhados, mas muitas vezes não são reconhecidos.

As fontes de água podem ser genericamente divididas em fontes de água subterrânea e fontes de água de superfície. Considerando os diferentes tipos de fontes de água, é útil fazer-se a distinção entre fontes pequenas e grandes ao analisar a natureza da ligação fonte-captção. As fontes pequenas são geralmente alimentadas a partir de captções locais identificáveis. Elas normalmente abastecem água potável a comunidades de pequena e média dimensão. As fontes pequenas incluem as nascentes, lagoas, aquíferos e riachos. As grandes fontes de superfície e subterrâneas são alimentadas a partir de captções maiores que são constituídas por muitas captções individuais mais pequenas. As fontes grandes incluem aquíferos regionais, rios, grandes lagos e grandes nascentes artesianas. Estas fontes são usadas para pequenos e grandes sistemas de abastecimento de água potável.

Quer os utentes dos sistemas de abastecimento de água pequenos, quer os grandes são afectados pela má qualidade da água e pelo caudal insuficiente da fonte. Para os sistemas de abastecimento de água de comunidades pequenas, a natureza dos problemas pode ser tal que as soluções sejam encontradas localmente. Por exemplo, factores ambientais tais como a utilização dos sistemas de saneamento no local, a eliminação de lixos orgânicos, o desflorestamento, a pastagem excessiva afectam muitas vezes as fontes pequenas com uma área de captção local. Soluções possíveis para tais problemas específicos das fontes poderão incluir a protecção física de poços, melhor saneamento, melhoramento das práticas agrícolas e regulamento da utilização da água.

É mais difícil resolver problemas específicos das fontes quando estes são causados por problemas ambientais de grande escala, nomeadamente poluição química, intrusão de água salgada e mudanças no regime hidrológico das áreas de captção de maior dimensão ou de bacias de rios. O controlo dos factores ambientais tais como o lixo industrial e o despejo de esgoto em sistemas de água ao ar livre, a utilização de pesticidas e fertilizantes, a extracção excessiva de águas subterrâneas para efeitos de irrigação em larga escala, a erosão do solo e a urbanização requerem o envolvimento das autoridades nacionais e locais e a implementação efectiva de medidas legais, com o apoio de instituições especializadas. As estratégias para controlar estes factores ambientais podem incluir, por exemplo, a criação de incentivos económicos, planeamento do uso da terra, apoio institucional para a gestão dos recursos hídricos e implementação de leis para o controlo de desperdícios.

Ao identificar os factores que causam problemas nas fontes é necessário ter em conta os processos geo-hidrológicos, assim como a dimensão das áreas de captção. A dimensão das áreas de captção varia entre alguns hectares e milhares de quilómetros quadrados. A sua dimensão determina, em grande medida, a importância relativa dos factores ambientais e das causas específicas dos problemas das fontes.

As comunidades utentes contribuem muitas vezes para os problemas das fontes e podem desempenhar um papel importante para evitá-los ou diminuí-los. Existem muitos documentos e publicações que abordam a contaminação das fontes da água em pequenos sistemas comunitários de abastecimento de água. A acumulação de material orgânico causador da poluição das fontes por nitrato parece ser um problema premente para sistemas de abastecimento de água de muitas aldeias. O despejo de desperdícios nas fontes de água ou próximo delas causa a poluição orgânica e química.

O mau funcionamento dos sistemas de abastecimento de água está muitas vezes ligado ao número cada vez maior de casos de perdas de água, vandalismo e concorrência entre grupos diferentes de utentes. Estes factores diferentes podem ser conducentes à insuficiência da fonte de água. A utilização desta água para outros fins afecta cada vez mais o abastecimento de água potável às comunidades pequenas. Muitos problemas são, também, causados pelas mudanças no uso da terra com o aumento da pressão populacional e da actividade económica. A degradação ambiental e a desertificação tornaram-se questões de grande importância em muitos países. A pressão populacional crescente, aliada aos sistemas tradicionais de uso da terra, dá origem muitas vezes à erosão, redução da fertilidade do solo e desflorestamento. Estes elementos contribuem directamente para os problemas das fontes de água.

Os principais factores ambientais que afectam a qualidade da água das fontes grandes são a poluição causada por produtos dos desperdícios industriais, contaminação por pesticidas e fertilizantes e a poluição dos esgotos domésticos. O caudal das fontes de água de maior dimensão parece ser afectado predominantemente pela extracção de água subterrânea para além de níveis sustentáveis e pelas mudanças insustentáveis no uso da terra, que têm lugar em maior escala.

Avaliação dos factores ambientais que afectam as fontes de água

A experiência prática demonstra que a selecção de boas fontes e uma localização adequada das entradas contribuem para a segurança dos sistemas de abastecimento de água, mas é muitas vezes necessário que haja uma protecção mais activa de áreas de captação. Isto implica uma avaliação sistemática das áreas de captação para as fontes de água de superfície e subterrânea, assim como a identificação dos problemas ambientais relacionados com as actividades humanas. Logo que se desenvolve uma fonte de água, as actividades humanas tendem a aumentar nas áreas de captação. É por vezes útil, para efeitos de planificação, distinguir as zonas de protecção com diferentes graus de vulnerabilidade, isto é, a zona interior, definida como sendo a zona em que existe o risco de contaminação directa; a zona exterior, definida como sendo a zona em que a água pode correr o risco de contaminação indirecta; e a área de captação.

A avaliação do risco de ocorrência de poluição poderá incluir levantamentos sanitários para examinar o estado físico à volta da fonte dos sistemas de abastecimento de água e identificar possíveis causas de contaminação da água.

A motivação e consciencialização da comunidade são muito importantes, uma vez que muitos problemas de poluição da água são causados directa ou indirectamente pelos utentes da água. Todavia, motivar a população a desempenhar um papel mais activo na avaliação de factores ambientais e na protecção das suas fontes de água é, muitas vezes, difícil. Esquemas comunitários de manutenção e gestão de sistemas de abastecimento de água são um bom ponto de partida para uma abordagem mais integrada à protecção das fontes de água e conservação do meio ambiente, desde que exista uma ligação directa entre a comunidade e a fonte de água.

Necessidade de abordar a protecção das fontes de água de uma forma mais sistemática

Com base na informação recebida e na documentação analisada, existe a necessidade premente de abordar os problemas ligados à protecção das fontes e as causas subjacentes de uma maneira mais sistemática. Os problemas ambientais relacionados com a água foram alvo de maior atenção nos últimos anos porque afectam a sustentabilidade e a eficiência dos melhoramentos introduzidos no abastecimento de água potável e outros esforços de desenvolvimento. Porém, não existe uma análise clara das diferentes formas de tratar este assunto. Foram reportados muito poucos exemplos de sucesso no controlo dos factores ambientais que contribuem para a degradação das fontes de água potável. Embora muitas vezes estejam pouco documentados, estes exemplos demonstram que existe campo para uma melhor gestão dos recursos hídricos.

Entre os exemplos de soluções que estão a ser implementadas contam-se os melhoramentos registados no saneamento, protecção física de poços e de captações, conservação do solo e da água, tratamento de águas negras, recarregamento artificial e reflorestamento. As estratégias de protecção das fontes de água potável aliam muitas vezes tais medidas a melhoramentos institucionais e legais. Presta-se maior atenção à parceria entre as comunidades e as agências governamentais no desenvolvimento de capacidades com vista à gestão e protecção dos recursos hídricos. A OMS elaborou recentemente uma lista de questões legais relativas à gestão dos recursos hídricos, a qual continua as pesquisas que vem efectuando nesta importante área.

Falta de informação segura

Existem dados insuficientes sobre a magnitude e natureza dos problemas das fontes de água potável. A falta de informação constitui possivelmente uma das principais razões que explicam que, até agora, poucos países tenham formulado objectivos globais de política sobre a protecção das fontes de água potável. Isto também poderá explicar a sua incapacidade de criar dispositivos legais e institucionais apropriados.

A experiência no terreno de protecção de fontes locais de água diz respeito essencialmente às abordagens técnicas para resolver problemas de fontes locais em pequenas captações. Outros elementos essenciais parecem ser o planeamento e controlo do uso da terra, legislação e regulamentos, selecção de fontes e procedimentos de localização e gestão comunitária. Contudo, e mais uma vez, existe muito pouca experiência documentada no desenvolvimento de um tal conceito integrado.

É necessária uma análise mais detalhada dos dados ambientais para a definição de padrões e de orientações viáveis e promoção da protecção dos recursos de abastecimento de água a todos os níveis nos países em vias de desenvolvimento. Esta medida contribuiria significativamente para a definição de estratégias nacionais para os recursos hídricos. Actividades possíveis a serem realizadas por organizações internacionais poderiam incluir:

- * a elaboração de listas e a definição de orientações gerais destinadas à identificação, prevenção e correcção dos problemas das fontes de água;
- * a preparação de inventários dos países para se determinar a natureza e magnitude dos problemas das fontes de água e identificar possíveis acções de protecção.

Legislação não executada

A legislação ambiental e as leis da água dizem respeito essencialmente às grandes bacias. Como tal, raramente constituem uma boa base para a protecção de muitas das fontes de água mais pequenas de que dependem os pequenos assentamentos populacionais. A implementação da legislação e do regulamento sobre os recursos hídricos é limitada pela falta de consciencialização sobre os problemas ambientais, medidas de sustentabilidade dos recursos e os custos e benefícios associados. É importante que a futura legislação seja orientada para a gestão dos recursos e que se adopte uma abordagem de sustentabilidade.

Alguns países em vias de desenvolvimento prepararam novas leis sobre a água para satisfazer as necessidades actuais, mas carecem de prioridade política para a protecção de fontes de água potável. Os problemas das fontes são sentidos mais directamente por aqueles que não têm acesso a serviços melhorados de abastecimento de água e pelos utentes de pequenos sistemas comunitários de abastecimento de água não tratada. Consequentemente, as fontes de água que abastecem os pequenos assentamentos populacionais e grupos de baixa renda nas zonas peri-urbanas são cada vez mais afectadas pela poluição causada por aglomerados maiores e pelas actividades económicas. Os benefícios e custos do controlo da poluição em relação ao não controlo do poluidor são questões importantes nesta matéria.

Falta de orientação prática para os planificadores e os responsáveis pela tomada de decisões

Existe uma falta de consciencialização generalizada quanto às questões ambientais acima mencionadas no seio dos planificadores e dos elementos responsáveis pela tomada de decisões, e muitas vezes entre os próprios utentes da água. Em muitos casos, tanto a população como as autoridades dão prioridade à satisfação das necessidades a curto prazo e dão menor importância aos benefícios a longo prazo resultantes da protecção da terra e dos recursos hídricos. É necessário dar-se maior atenção à formação do pessoal local e dos utentes, capacitá-los a desempenhar um papel mais activo na protecção das fontes de água dando-lhes a orientação de que necessitam para fazer face às questões ambientais mais prementes de uma forma efectiva.

Os perfis de diferentes tipos de recursos hídricos em ambientes diferentes e a sua vulnerabilidade aos factores ambientais poderiam constituir a base para uma planificação a longo prazo. As orientações para a selecção e desenvolvimento de fontes de superfície e subterrâneas sob diferentes condições de captação seriam úteis aos engenheiros e planificadores que actualmente possuem meios limitados para fazer face a esta questão. Para controlar os factores ambientais que afectam os recursos, são necessários indicadores simples para determinar quando e onde são necessárias acções preventivas e correctivas.

Instrumentos e métodos simples

As fontes pequenas de água podem ser protegidas através da utilização de instrumentos e de métodos simples, contando com os recursos e habilidades da comunidade. Exemplos práticos podem ajudar a promover a ideia da protecção de fontes de água e incentivar o desenvolvimento de soluções locais. O objectivo de estudos detalhados sobre questões ligadas à protecção de fontes de água em países em vias de desenvolvimento seria o desenvolvimento destes instrumentos e métodos simples que possam ser aplicados ao nível da comunidade. Com base

na informação dos estudos efectuados no terreno e dos projectos piloto tendentes a promover e de envolver tais instrumentos e métodos, pode-se melhorar o envolvimento da comunidade na protecção de fontes de água.

Podem-se aplicar com maior frequência tecnologias de baixo custo para o tratamento e gestão de águas residuais e o controlo dos desperdícios industriais, em particular por parte das indústrias de pequena e média escala e pelas instituições públicas como os hospitais. Algumas já existem, enquanto que outras têm de ser instaladas. Seria, pois, importante identificar e promover as tecnologias existentes e as de processamento a baixo custo de modo a: identificar onde as necessidades existem actualmente, promover a investigação sobre novos métodos de tratamento e elaborar programas adequados de manutenção para os métodos existentes.

Pesticidas e produtos químicos

Existe pouca informação detalhada para os países em vias de desenvolvimento sobre os efeitos na saúde dos utentes de água relacionados com os pesticidas e produtos químicos despejados nas fontes de água. É importada uma série cada vez mais vasta de produtos químicos usados nos países em vias de desenvolvimento e muitos países não possuem um registo de importações tóxicas. É, pois, importante que se proceda à recolha de informação sobre as práticas de utilização de pesticidas e produtos químicos em cada país para que se possa determinar quais são as fontes de água de alto risco e identificar as situações em que a contaminação das fontes é provável.

É necessário compilar a informação relativa aos efeitos dos pesticidas e produtos químicos na saúde dos utentes e torná-la acessível para permitir que os planificadores e engenheiros avaliem os riscos sanitários na fase de planificação e desenvolvam indicadores apropriados de monitoramento.

1. *Introdução*

1.1 **Antecedentes**

Durante os últimos anos da Década Internacional da Água Potável e Saneamento, o IRC melhorou a sua base de informação e aumentou os seus esforços para conseguir realizar uma melhor análise das questões ambientais relativas ao abastecimento de água potável e saneamento. Estas questões foram identificadas através da concentração sobre o impacto ambiental nos programas de abastecimento de água potável e saneamento, bem como sobre os factores ambientais que afectam a disponibilidade de água potável.

Existe pouca informação específica sobre o impacto ambiental no abastecimento de água potável e saneamento. Existe mais informação relativa aos efeitos das actividades económicas e de exploração dos recursos hídricos, especialmente para fins de irrigação e hidro-energia. Pode-se assumir que os efeitos ambientais negativos dos programas de abastecimento de água são menos significativos que os do desenvolvimento da terra e da água para fins agrícolas e outras actividades económicas.

Encontra-se disponível um volume maior de informação sobre o impacto dos factores ambientais na viabilidade, qualidade e sustentabilidade dos programas de abastecimento de água potável. Muitos exemplos tirados no terreno dizem respeito à escassez dos recursos hídricos, mas a poluição da água é também mencionada com frequência. Estes factores merecem maior atenção porque afectam a saúde e o bem estar da população, bem como o abastecimento da água disponível.

Estas considerações orientaram o âmbito das actividades actuais do IRC em direcção à avaliação e controlo dos factores ambientais que afectam a sustentabilidade dos programas de abastecimento de água e saneamento. Anteriormente, o pessoal do IRC concentrara as suas atenções sobre soluções técnicas para aliviar a escassez da água e melhorar o papel das comunidades utentes na gestão do meio ambiente em que vivem. Foram publicados documentos ocasionais sobre o recarregamento artificial e aproveitamento da água.¹ Prevê-se a realização de mais trabalho para o desenvolvimento de uma base de informações sobre a gestão ambiental com base na comunidade.

O objectivo deste documento ocasional é resumir a informação existente sobre os problemas das fontes de água potável e identificar experiências para sua solução. O documento apresenta uma análise dos factores ambientais que afectam negativamente as fontes de água nos países em vias de desenvolvimento e os principais impactos em termos de qualidade e quantidade da água potável. O documento aborda ainda as causas da deterioração de fontes pequenas e grandes no que diz respeito à água de superfície e à subterrânea e contém informação resumida sobre as experiências existentes na protecção ou melhoramento de fontes de água potável. Identifica

¹ Ocasional Paper nº.9: Artificial groundwater recharge for water supply of medium-size communities in developing countries, OP 9, IRC, 1987. Ocasional Paper nº.14: Water harvesting in five African countries, OP 14, IRC, 1990.

igualmente prioridades para se dar início a actividades ao nível dos países, estudo de avaliação e investigação. Finalmente, o documento sugere formas de tratar, de maneira mais sistemática, a questão da protecção das fontes de água.

A informação apresentada neste documento foi obtida de uma série de fontes, a maior parte das quais organizações internacionais e instituições especializadas. A informação que diz respeito aos países é, muitas vezes, obtida verbalmente ou de forma reduzida porque grande parte da experiência no terreno é raramente documentada.

Alguns materiais de caso foram apresentados durante uma reunião de trabalho sobre a protecção de fontes de água realizada no espaço IRC nos dias 31 de Maio e 1 de Junho de 1990. Fez-se referência aos documentos preparados por alguns dos participantes nesta publicação. Os participantes à reunião de trabalho concluíram que a prioridade atribuída à protecção das fontes de água era insuficiente e que faltava a consciencialização sobre esta questão. Muitas vezes não existem instituições nos diferentes países que deveriam tratar deste assunto ou as mesmas não funcionam. Na maior parte dos países em vias de desenvolvimento não existem políticas, estratégias nem legislação. Tornou-se claro que havia uma necessidade premente de troca de informações contínua e uma acção maior neste ramo importante. Recomenda-se a realização de mais estudos dentro dos países como parte das actividades de investigação e desenvolvimento, com ênfase nos aspectos económicos e legais da protecção das fontes de água potável. Estes últimos aspectos estão a ser tratados pela Divisão de Abastecimento de Água e Saneamento Comunitário na Organização Mundial da Saúde (OMS/CWSS) em Genebra.

1.2 Fontes de água e o meio ambiente

O Relatório da Comissão Mundial sobre o Ambiente e Desenvolvimento, elaborado em 1987, sublinha que muitos esforços virados para a gestão ambiental feitos até a data foram infrutíferos: os mesmos centravam-se mais nos efeitos do que nos problemas e nas suas causas iniciais. A Comissão recomendou que "ao abordarmos questões ambientais, devemos virar as nossas atenções dos efeitos para as causas".

Durante a Década Internacional da Água Potável e Saneamento, muitas pessoas tanto das zonas urbanas como rurais dos países em vias de desenvolvimento beneficiaram de um sistema de abastecimento de água melhorado. Estes sistemas variam de poços protegidos com sistemas de corda e balde ou bombas manuais, a sistemas de abastecimento de água canalizada a diesel, com ligações para as residências. A Organização Mundial da Saúde (OMS) calcula que, nesses dez anos, ter-se-á abastecido cerca de um bilhão de pessoas, colocando a cobertura global em 88% para as zonas urbanas e em 61% para as zonas rurais.

Apesar deste avanço sem precedentes, calcula-se que o número de pessoas que ainda necessita de um sistema de abastecimento de água melhorado e seguro em 1990 é superior ao de 1980 (cerca de 1,2 bilhões, de acordo com as estatísticas da OMS). De acordo com a Declaração de

Nova Deli², adoptada por 600 participantes provenientes de 115 países, uma em cada três pessoas no mundo em desenvolvimento ainda não tem acesso a água e saneamento ambiental seguros.

A maior parte dos que elaboram políticas e dos planificadores está bem ciente de que muitos sistemas de abastecimento de água não funcionam devidamente. Dados relativos à percentagem dos sistemas que funcionam aquém dos padrões ou que foram abandonados pelos seus utentes variam imenso e muitas vezes não existem dados de controlo. A maior parte das estimativas indicam percentagens na ordem dos 40 a 60%, apesar do desenvolvimento bem sucedido dos sistemas descentralizados de operação e manutenção em alguns países. Existem dados que comprovam que os problemas das fontes são uma causa importante do mau funcionamento dos sistemas de abastecimento de água, normalmente associados a uma má operação e manutenção.

Quando os sistemas de abastecimento de água funcionam correctamente e quando existe um melhoramento consequente das condições de vida e dos níveis de rendimentos, as pessoas estão muitas vezes dispostas a pagar por níveis de serviços melhorados e utilizarão a água para outros fins domésticos e económicos. Por isso, durante a vida de um sistema, o consumo médio de água per capita aumenta se o sistema funcionar devidamente. Com a adopção de múltiplos níveis de serviços, o consumo per capita (muitas vezes na ordem dos 20 litros/dia) poderia aumentar para 40 l/dia nas zonas rurais e 60 l/dia nas zonas peri-urbanas.

Com base nestes números indicativos, pode-se estimar que se se pretender atingir a meta de água potável para todos no ano 2000, o consumo diário de água potável pode ser multiplicado por cerca de 4 ou 5. É, pois, essencial a gestão dos recursos hídricos e a protecção das fontes de água.

A água subterrânea pouco profunda e as fontes de água por gravidade, tais como as nascentes, são geralmente aceites como adequadas para os pequenos sistemas de abastecimento de água de baixo custo às comunidades das zonas rurais. Muitas destas fontes são poluídas por produtos desperdiçados pelas actividades humanas. Uma vez que o crescimento populacional, a modernização da agricultura e a expansão industrial continuam a um ritmo acelerado na maior parte dos países em vias de desenvolvimento, os problemas ambientais tais como a poluição causada por desperdícios sólidos e líquidos, desflorestamento e redução dos aquíferos aumentarão rapidamente (Lee, 1990).

Tomando em consideração o rápido crescimento na procura, aliado ao aumento associado dos problemas ambientais, a importância relativa dos problemas das fontes que afectam a sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água, a saúde e bem estar da população aumentarão dramaticamente em todos os países. Isto aplica-se mesmo aos países em que tais problemas ainda não são graves. Tendo em mente a recomendação da Comissão Mundial Sobre o Ambiente e Desenvolvimento é, pois, necessário prestar atenção ao contexto mais vasto relacionado com estes problemas das fontes.

² Declaração Final da Consulta Global sobre Água e Saneamento Seguro para a Década de 90, 10-14 de Setembro de 1990, Nova Deli, Índia.

1.3 Ênfase nas comunidades utentes

Os problemas das fontes dizem respeito a todos os sistemas de abastecimento de água. Porém, no caso dos grandes sistemas urbanos de abastecimento de água, os problemas das fontes são normalmente considerados em termos financeiros. Os investimentos realizados no desenvolvimento de novas fontes ou de novas capacidades de tratamento poderão aumentar o custo de produção da água numa percentagem relativamente pequena. As agências responsáveis pelo abastecimento de água podem tomar este factor em consideração nas tarifas, mas não haverá, em princípio, nenhuma consequência negativa directa para a saúde e para o meio ambiente em que os utentes da água vivem.

Esta situação é diferente no caso dos sistemas mais pequenos de abastecimento de água que muitas vezes não têm condições de tratamento ou em que o mesmo é muito simples. Os investimentos adicionais para o melhor tratamento ou para o desenvolvimento de uma nova fonte seriam proporcionalmente mais elevados. Além disso, a operação e manutenção tornar-se-ia mais difícil. Os sistemas administrados localmente teriam a tendência de deixar de funcionar e as estações de tratamento seriam abandonadas. Em geral, as comunidades que usam sistemas de abastecimento de água de pequena ou média dimensão são, por isso, mais directamente afectadas pelos problemas das fontes do que as que utilizam sistemas de maior dimensão.

Os sistemas de abastecimento de água de pequena ou média dimensão incluem poços, furos com bombas manuais, sistemas de captação das nascentes, pequenos sistemas de abastecimento de água canalizada ou extraída de sistemas de abastecimento de água por gravidade. Tais sistemas abastecem uma variedade de comunidades, nomeadamente aldeias rurais e vilas, centros regionais, assim como zonas de baixo rendimento e assentamentos populacionais periféricos que não estão ligados às redes urbanas de abastecimento de água potável.

Estas comunidades afectam e são afectadas pelas suas fontes de água. A água é raramente tratada e a fonte está sujeita a uma série de causas directas e indirectas de deterioração. Muitas vezes a população não está devidamente consciencializada sobre os riscos que se colocam à sua saúde relacionados com o abastecimento de água.

Finalmente, e dado que as comunidades estão cada vez mais envolvidas na gestão dos seus sistemas de abastecimento de água e saneamento, existe a necessidade de explorar formas de envolvê-las na gestão sustentável das suas fontes de água. A integração das questões ambientais no processo de envolvimento comunitário sistemático parece importante para aumentar o grau de interesse das autoridades e pode contribuir para um empenho político maior na protecção das fontes de água potável.

2. Considerações metodológicas e definições

2.1 Definição dos problemas das fontes

Foram definidos problemas das fontes e procedeu-se à análise da informação relativa ao processo natural descrito no ciclo hidrológico (ver Figura 1). Foram identificadas as relações possíveis causa-efeito como base para a recolha e análise da informação. A literatura existente³ apresenta uma descrição mais detalhada dos processos que ocorrem no ciclo hidrológico.

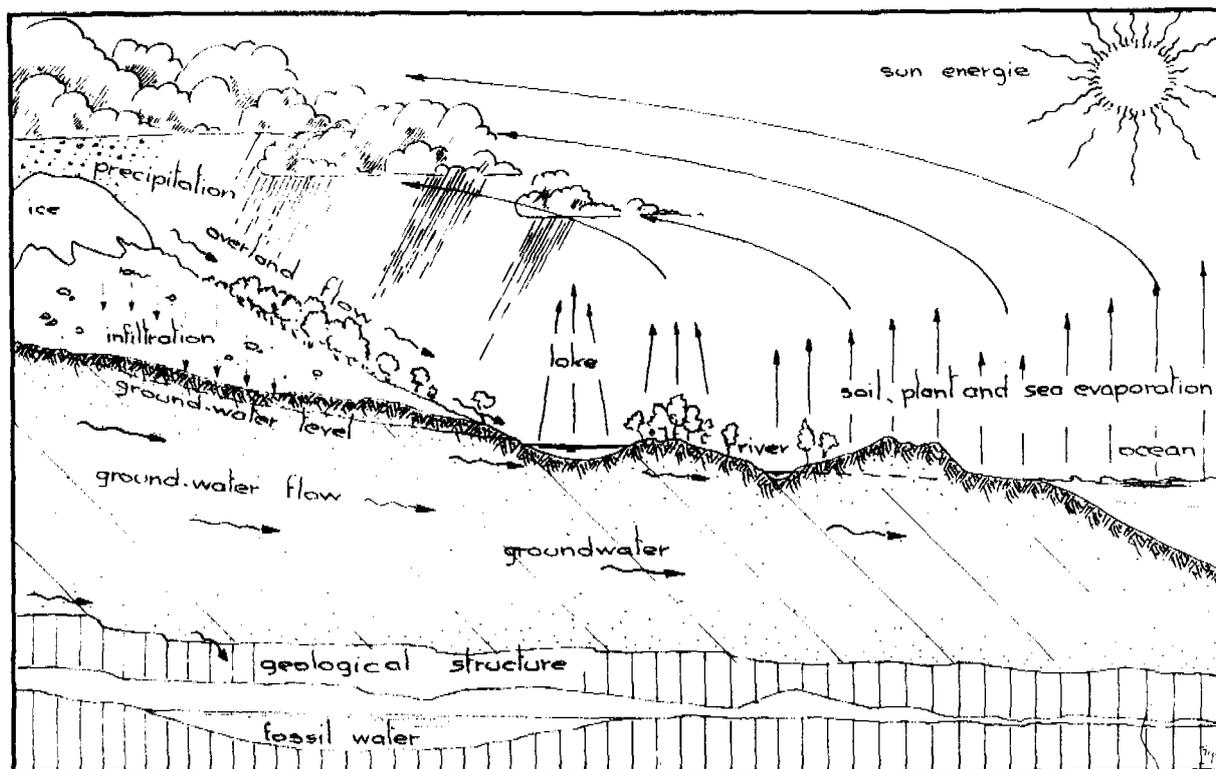


Figura 1: O ciclo hidrológico

Legenda:

precipitation	- precipitação	ocean	- oceano
sun energy	- energia solar	river	- rio
ice	- gelo	groundwater level	- nível da água subterrânea
overland flow	- fluxo de água de superfície	groundwater flow	- fluxo da água subterrânea
infiltration	- infiltração	groundwater	- água subterrânea
lake	- lago	geological structure	- estrutura geológica
soil, plant and sea evaporation	- evaporação do solo, das plantas e do mar	fossil water	- água fóssil

³

Por exemplo, em Hofkes et al (1987), Capítulo 4

Um problema da fonte ocorre quando a fonte é inadequada ou insegura (ver quadro 1). Uma fonte adequada garante o abastecimento de água potável em quantidade e qualidade suficientes, tanto do ponto de vista da comunidade utente, como da agência de distribuição de água ou do departamento do governo responsável. Em outras palavras, entende-se que deve satisfazer a procura actual, mas não satisfaz necessariamente a procura no futuro. Por definição, uma fonte segura satisfaz a procura presente e futura de acordo com os critérios da sua concepção em termos de qualidade e quantidade. Em outras palavras, satisfaria as necessidades de uma dada camada populacional a um nível acordado de prestação de serviços durante todo o ano, até o fim do período estabelecido. Por vezes se chama a isto de continuidade (Lloyd and Helmer, 1990). A qualidade da água é aceitável quando, ao chegar ao consumidor, satisfaz os padrões acordados. A maior parte dos países em vias de desenvolvimento adoptou as orientações da OMS (OMS 1985a). O abastecimento de água inclui, por vezes, um sistema de tratamento destinado à água natural que flutua dentro de certos limites de qualidade. A qualidade da água natural irá, portanto, determinar que tipo de tratamento é necessário.

Quadro 1: Definição dos problemas das fontes

<i>Problema da fonte detectado</i>	<i>Diagnóstico possível</i>	
	<i>Fonte imprópria</i>	<i>Fonte insegura</i>
Caudal da fonte conforme o previsto, mas não suficiente para satisfazer a todos os utentes devido a circunstâncias imprevistas	X	
Caudal da fonte não suficiente para satisfazer a procura actual	X	
A procura da água aumenta mais do que o previsto e excede o caudal da fonte	X	
O caudal satisfaz a procura actual mas não a procura de acordo com a previsão inicial		X
A qualidade da água é inferior aos padrões acordados	X	
A qualidade da água deteriora		X
A qualidade da água não é aceitável para consumo	X	

A quantidade de água de uma fonte é considerada suficiente quando o nível mais baixo do caudal da fonte satisfaz a procura diária. Esta procura é normalmente determinada pelo consumo diário per capita para uma determinada população. A quantidade mínima de água que se deve abastecer é de 20-30 litros per capita, por dia, mas muitos países em vias de desenvolvimento definem objectivos mais baixos em função das condições locais. Alguns sistemas de abastecimento de água em zonas áridas foram concebidos para abastecer as necessidades biológicas diárias mínimas de cerca de 5 litros, vindo o resto de fontes não melhoradas. Isto significa que a determinação da quantidade de água (se é ou não suficiente) depende muito dos hábitos locais de utilização da água, que são influenciados pelo meio ambiente, condição socio-económico, factores socio-culturais e padrões estabelecidos pelo governo.

As fontes de água que satisfazem tanto os requisitos em termos de qualidade como de quantidade para fins acordados durante todo o ano, com o caudal mínimo a exceder a procura da população são, por definição, seguras. Se os utentes não estiverem satisfeitos com o nível de serviços, eles consideram a fonte como inadequada, mas o problema não é entendido como tal pelos engenheiros responsáveis pelo sistema. Por outro lado, os utentes podem considerar que uma fonte é adequada, enquanto que os engenheiros podem, a partir de dados de controlo, chegar à conclusão de que nem sempre satisfaz as necessidades da população alvo. Desde que os dados sejam seguros, os engenheiros responsáveis definirão este caso, em princípio, como um problema da fonte, mesmo que ainda não tenha sido entendido, como tal pela comunidade utente.

Um problema da fonte de água é detectado quer pelos utentes, quer pela agência quando a quantidade e a qualidade de água de uma fonte específica tiver diminuído a um ponto tal que os consumidores não obtenham o serviço acordado. Mesmo se tais problemas ocorrerem apenas uma vez, a fonte é insegura mas pode, ainda assim, continuar a ser a melhor fonte existente. Por exemplo, pode-se continuar a usar água poluída se o grau de consciencialização sobre os riscos que a mesma apresenta aos utentes for reduzido e caso a natureza da poluição não afecte o sabor nem a cor da água, ou se não houver outra fonte alternativa.

Os problemas das fontes relacionados com a quantidade são, por vezes, reconhecidos demasiado tarde. Uma razão importante para tal situação é que se pode prever que a procura da água duplique ou triplique ao longo do período estabelecido para o sistema de abastecimento de água. Por esse motivo, as fontes normalmente apresentam uma sobre-capacidade durante os primeiros anos de operação dos sistemas de abastecimento de água. Pode acontecer, portanto, que a redução dos caudais da fonte não tenha sido detectada até se ultrapassar um dado limite populacional.

Seria ideal que a escolha de uma fonte de água se baseasse em dados relativos à qualidade e quantidade da água e na avaliação realista de possíveis problemas da fonte e medidas de protecção viáveis. A existência de dados insuficientes ou de pressupostos irrealistas na fase de planificação constituem frequentemente as causas principais dos problemas das fontes. Por exemplo, a conclusão de que uma fonte de água satisfaz as necessidades baseia-se muitas vezes nas medições do fluxo ao longo de períodos curtos e no pressuposto de que a fonte não é utilizada para outros fins e que não será poluída assim que for utilizada para o abastecimento de água potável.

Não se dá o devido peso às possíveis mudanças nas áreas de captação causadas pelas actividades humanas. Uma vez que estas mudanças poucas vezes são monitoradas e que o uso da terra não é controlado, a deterioração das fontes de água está a acontecer com frequência sem que seja reconhecida.

2.2 Tipos de fontes de água

As fontes de água podem ser divididas genericamente em fontes de água subterrânea e de superfície, das nascentes e de água pluvial (Quadro 2).

O sistema de captação faz parte dos sistemas de abastecimento de água. A selecção da fonte faz parte da fase de planificação e concepção, mas a fonte de água não é considerada aqui como uma componente do sistema de abastecimento de água.

A protecção da fonte de água tem como objectivo garantir a confiabilidade das fontes, mas também pode contribuir para o seu melhoramento. O melhoramento significa aumentar a qualidade da água, aumentar o caudal ou diminuir as flutuações em ambos. Isto pode tornar a fonte adequada para diferentes usos e reduzir os custos do sistema de abastecimento de água.

Quadro 2: Tipos de fontes de água

<i>Fonte</i>	<i>Categoria</i>	<i>Captação</i>
Água subterrânea em aquíferos	confinada não confinada pouco profunda fóssil	poço pouco profundo furo poço fundo
Nascentes	gravidade artesianas	caixa de molas entrada aberta galeria
Água de superfície	rio riacho lago lagoa	bombagem directa de represa poço de infiltração filtração do leito do rio entrada aberta
Águas pluviais	Não se aplica	aproveitamento da água dos telhados captação à superfície

Tal como se pode constatar do quadro anterior, a fonte de água pode, por vezes, ser protegida de forma mais eficiente através da intervenção na área de captação e não na fonte. Nesta publicação, muitas questões dizem respeito à protecção da captação, bem como à protecção das fontes de água embora, na realidade, seja a combinação da captação e das fontes de água que está em estudo. A qualidade e disponibilidade da água das chuvas é determinada pelos factores climáticos globais e pela poluição do ar. Estes factores encontram-se fora do âmbito desta publicação.

Algumas fontes não possuem uma área de captação distinta a que possam ser ligadas. Este é o caso da água subterrânea fóssil e, por vezes, de nascentes artesianas. Noutros casos, é difícil definir as fronteiras das áreas de captação. Por exemplo, os furos de água podem tirar água de diferentes aquíferos com diferentes áreas de captação. Isto aplica-se, por exemplo, às bacias dos rios onde muitas pessoas se abastecem de água. Isto dificulta, por vezes, a análise das causas dos problemas das fontes e a concepção de acções correctivas. As fontes pequenas são geralmente alimentadas a partir de captações identificáveis localmente. Elas normalmente abastecem água potável a comunidades de pequena e média dimensão. As fontes pequenas incluem nascentes, lagoas, aquíferos pouco profundos e riachos. As grandes fontes de água de superfície e subterrânea são alimentadas por muitas captações individuais. As grandes fontes incluem aquíferos regionais, rios, grandes lagos e grandes nascentes artesianas. As comunidades utentes de grandes fontes de água podem variar, em termos de dimensão, de uma população

inteira de uma cidade metropolitana a uma pequena comunidade ou aldeia de uma zona peri-urbana. Considerando os vários tipos de fontes de água, é por vezes útil tomar em consideração os diferentes tipos de fontes de água, estabelecer a distinção entre fontes pequenas e grandes para efeitos de definição da natureza da ligação fonte-captação.

2.3 Áreas de captação

A confiabilidade das fontes depende, em última instância, do nível pluviométrico e das condições existentes na área de captação. As rotas percorridas pela água e o tempo de que a água necessita para chegar à fonte afectam grandemente a qualidade e a quantidade da água existente na fonte durante diferentes estações. As rotas são determinadas pelas características pluviométricas, topografia, vegetação, solo e condições geológicas.

Nos casos em que a chuva cai em aguaceiros fortes em estações chuvosas distintas, irá ocorrer uma descarga de alto pico, com riachos e rios a apresentarem um grande caudal e um aumento na carga de sedimentos na água de superfície. Nestas áreas, verificar-se-á um fraco fluxo de superfície durante a estação seca e a poluição tornar-se-á mais grave, uma vez que as substâncias poluidoras não são devidamente diluídas. Nos casos em que as chuvas são distribuídas de maneira mais uniforme, maior quantidade de água se infiltra no solo, a água de superfície corre de maneira mais uniforme ao longo do ano e será, em geral, menos turbida depois da queda da chuva. Consequentemente, a qualidade natural da água de superfície será melhor e flutuará menos.

O volume da água que se infiltra por unidade de tempo no solo em proporção à precipitação total é definida como nível de infiltração. É afectada pela intensidade e distribuição da queda da chuva, topografia (encostas, depressões), vegetação e uso da terra. As actividades humanas na área de captação poderão alterar vários destes factores e, portanto, afectar os recursos hídricos. As fontes de água de superfície são normalmente afectadas mais directamente pelas mudanças na área de captação do que as fontes de água subterrânea. As fontes de água subterrânea reagem mais lentamente porque a água infiltrada leva mais tempo a chegar ao ponto em que é extraída, pelo que pode ser mais difícil definir a ligação entre um problema da fonte e a sua causa. Por exemplo, a poluição que afecta as fontes de água subterrânea pode ter sido causada anos antes de se identificar efectivamente o problema.

Ao identificar as causas dos problemas das fontes é necessário tomar em conta estes processos hidrológicos e geo-hidrológicos, assim como a dimensão das áreas de captação, de modo a determinarem-se os principais factores que contribuem para a ocorrência do problema. As áreas de captação variam de alguns hectares a milhares de quilómetros quadrados. A sua dimensão e natureza ajudam a definir a importância relativa das causas dos problemas e a forma de fazer face aos mesmos.

Em particular nas pequenas áreas de captação, as causas específicas dos problemas das fontes de água de superfície são, muitas vezes, relativamente fáceis de identificar. As pequenas comunidades de utentes são normalmente a causa da maior parte dos problemas. As próprias comunidades muitas vezes podem conseguir aplicar soluções preventivas e correctivas ao nível local (do distrito ou da comunidade). Em pequenas áreas de captação, a causa imediata de um

problema específico pode, muitas vezes, ser identificado através da simples observância das soluções que podem se sugeridas.

Em grandes captações, uma série de factores tende a contribuir para a existência dum problema e, neste caso, a ligação entre as causas e efeitos são mais difíceis de reconhecer. As comunidades pequenas que usam grandes fontes de água não são a principal causa da maior parte dos problemas, embora possam contribuir para o seu surgimento. As soluções preventivas e correctivas podem, pois, carecer de medidas legislativas, planificação e recursos mais a longo prazo.

2.4 Ligação causa-efeito: um modelo

Para efeitos desta análise, foi estudada a principal ligação entre as fontes de água, áreas de captação, factores ambientais naturais, comunidades utentes e não-utentes recorrendo-se a um modelo simplificado (Figura 2) que distingue a ligação directa da indirecta. A ligação directa diz respeito aos impactos imediatos na fonte de água e na área circunvizinha sobre a qualidade e quantidade da água abastecida às comunidades utentes. A ligação indirecta diz respeito à mudança das condições existentes na área de captação e que afectam a segurança da fonte.

Os factores ambientais relativos a cada uma destas ligações são discutidos no capítulo 3 e 4.

Após uma análise da natureza dos problemas das fontes, as atenções centram-se numa gama de diferentes intervenções de protecção das fontes de água adoptadas nos países em vias de desenvolvimento, numa tentativa de melhorar as fontes de água. As experiências relevantes sobre a protecção das fontes de água são analisadas no Capítulo 5.

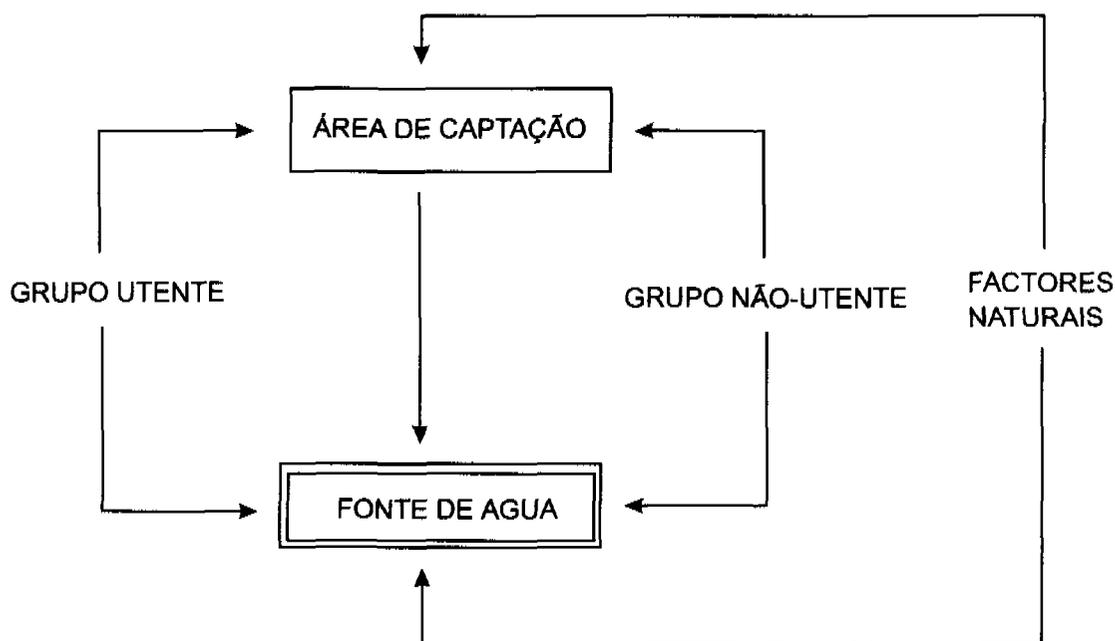


Figura 2: Principais factores que afectam as fontes de água

3. Factores que Afectam os Pequenos Sistemas Comunitários de Abastecimento de Água

3.1 Análise de questões de qualidade e quantidade

Os factores ambientais que afectam as fontes de água dos pequenos sistemas comunitários de abastecimento de água encontram-se apresentados no Quadro 3. A partir desta análise, fica claro que as comunidades utentes contribuem para a ocorrência dos problemas das fontes e podem, muitas vezes, desempenhar um papel importante na sua solução ou redução.

Quadro 3: Factores ambientais que afectam os pequenos sistemas comunitários de abastecimento de água

<i>Problema da fonte</i>	<i>Qualidade inaceitável</i>	<i>Caudal insuficiente</i>
Natureza do problema	Contaminação Sabor/cheiro Aspecto físico Poluição química Turbidez elevada	Flutuação pluviométrica Níveis de água reduzidos Caudal esgotado
Factores ambientais	Infiltração de latrinas Tanques sépticos transbordantes Concepção imprópria Animais à volta da fonte Defecação ao ar livre Despejo de desperdícios humanos Lavagem e banhos Lixo orgânico acumulado Despejo de lixo nas captações Despejo de águas negras perto da fonte Abate de árvores Degradação ambiental	Maior procura Perdas de água Concepção imprópria Quantidade desperdiçada Vandalismo Procura industrial Irrigação Desflorestamento Queimadas na captação Pastos excessivos Expansão agrícola
Soluções	Protecção física dos poços Saneamento melhorado Vazamento de tanques ou covas Melhor manutenção e reparação Melhoramento da higiene Organização do despejo de desperdícios Protecção das captações Drenagem Tratamento das águas negras	Controlo comunitário Reparação Regras para os utentes Melhor concepção Melhores práticas agrícolas Fontes alternativas de energia

3.2 Contaminação micro-biológica

A maior parte dos casos de contaminação micro-biológica é provocada pela população local. A natureza destes problemas encontra-se bem documentada. Estes problemas foram discutidos de forma extensiva em literatura sobre a saúde e higiene (van Wijk, 1984, 1985; Feachem et al, 1978), bem como em vários documentos técnicos sobre a concepção de poços e dispositivos de extracção (Rogers, 1985; Boschi, 1981, 1982; Hanson, 1985; IRC, 1988; Hofkes et al, 1987).

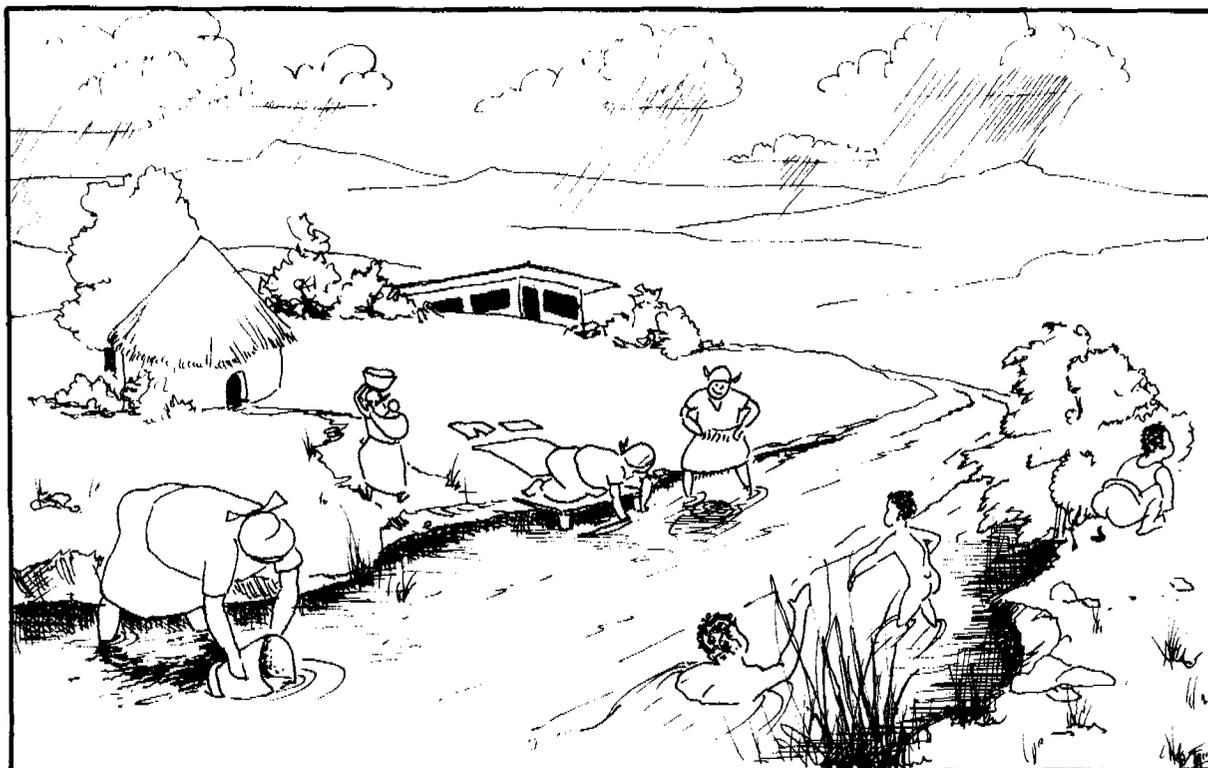


Figura 3: A água é muitas vezes contaminada pela comunidade utente

A protecção insuficiente de poços e furos facilita a contaminação das fontes de água. Este facto é particularmente verídico em relação às fontes de água de superfície pouco profunda devido à má concepção das coberturas protectoras, o que permite que as águas negras voltem aos poços. Esta é considerada a causa principal da contaminação da água na região do Pacífico (Guo, comunicação pessoal, 1989) e em África (Wihuri, comunicação pessoal, 1989). Uma outra deficiência de concepção é a drenagem imprópria, que permite que as águas negras e as águas poluídas de superfície se infiltrem no aquífero.

Existem inúmeros documentos e publicações que relatam a contaminação das fontes de água dos pequenos sistemas comunitários de abastecimento de água. Os resultados de uma inspecção sanitária e controlo de qualidade no estudo piloto de fiscalização de água em Yogyakarta, Java, demonstraram que 65-85% das instalações públicas de água, na sua maioria poços e tanques de captação das águas pluviais, são contaminadas por matérias fecais devido à má protecção do local e às más condições higiénicas (Lloyd, 1990). Na Tanzânia, as análises efectuadas indicavam níveis moderados de contaminação dos poços e cursos de água, enquanto que os riachos e os rios apresentavam índices de poluição mais elevados, com cerca de 10 vezes mais E. Coli. Algumas fontes de água foram infectadas por esquistosomíasis. Na Região de Rukwa, as fezes acabavam chegando a fontes de água construídas de maneira tradicional durante a época das chuvas devido à sua má protecção. A água das chuvas contendo sedimentos, matérias fecais e lixo animal e vegetal corria para os poços e cursos de água. Para além disso, os aldeões tomavam banho e lavavam a sua roupa próximo da fonte de água e permitia-se que os animais bebessem livremente (Kauzen, 1981 e Norconsult, 1981). Na Região de Kigoma, um estudo efectuado pela equipa da Norconsult para a elaboração do Plano Director para a Água em 1979/80 revelou que 98% das fontes de água de superfície da região se encontrava fortemente

poluída por bactérias fecais e que os surtos de cólera eram frequentes. Os níveis de turbidez eram elevados, reduzindo a eficiência de quaisquer tentativas de desinfecção (Myhrstad and Haldorsen, 1984).

Em Kordofan, no Sudão, muitos aldeões utilizam como principal fonte de água um "hafir". Os "hafires" são reservatórios abertos escavados por máquinas que são enchidos por correntes sazonais provenientes do desvio de um curso de água. Embora estejam apetrechados com um tubo de saída que leva a um poço de onde a água devia ser retirada para consumo humano, muitas pessoas entram no próprio "hafir" para tirar a água. Consequentemente, quando infectadas com filária, elas libertam milhares de larvas que são depois transmitidas de novo para as pessoas através de ciclopes crustáceos que entram para os baldes de água. A prevalência de infecções entre os utentes do "hafir" era duas vezes superior à dos que utilizavam outras fontes. Os ciclopes foram encontrados em todas as amostras de água de diferentes "hafires" (Cairncross and Tayeh, 1988).

Os mecanismos de transmissão de doenças são, muitas vezes, mal entendidos pelos utentes. Eles não possuem conhecimentos sobre a contaminação bacteriológica, o que torna difícil criar interesse para a protecção das fontes de água. Este facto é acentuado pela maior parte dos programas de educação sanitária, que não se baseiam na maneira como as próprias pessoas espalham a contaminação das fontes de água, mas sim introduzem conceitos "estranhos" tais como germes e E-coli. Raramente se usam nestes programas conceitos mais funcionais sobre a poluição de água e métodos tradicionais de controlo do uso de água que as pessoas possam ter (van Wijk, 1985). Um problema que raras vezes é mencionado, mas que é sério, é a utilização de recipientes para pesticidas no transporte e armazenagem de água potável. A lavagem de tais recipientes, depois de os mesmos terem servido o objectivo inicial, contribui para a poluição química de fontes de água.

Muitas fontes tradicionais de água são usadas para funções múltiplas, nomeadamente o abastecimento de água potável, lavagem de animais, banho e lavagem de roupa. Este facto é verídico em relação a pequenos furos de água usados pelas aldeias rurais em África, assim como grandes rios como o Ganges na Índia onde milhões de pessoas entram no rio todos os anos como parte de um ritual religioso. Nos locais onde o grau de consciencialização sobre a ligação entre a saúde e a higiene é fraco, os utentes da água acham conveniente tomar banho e lavar a roupa ao mesmo tempo que tiram água (van Wijk, 1985). A escassez de locais de abastecimento de água também encoraja as pessoas a utilizarem a mesma água para vários fins. Este facto era evidente antes da Década Internacional de Abastecimento de Água e Saneamento. Por exemplo, nas aldeias situadas em planícies secas da Etiópia, constatou-se que apenas 2% das famílias utilizava fontes diferentes para a recolha de água para beber durante a estação seca (Kebede, 1978).

A disponibilidade de condições melhoradas de abastecimento de água potável e a criação de condições para a educação higiénica ao longo dos últimos 10 anos aumentaram o grau de consciencialização quanto aos riscos sanitários e existem dados que comprovam que as populações estão cada vez mais motivadas para protegerem as suas fontes de água. Por exemplo, no Mali os aldeões pagam pela reparação das bombas manuais e continuam a investir no melhoramento das suas fontes tradicionais (Bastemeijer et al, 1990), muito embora as suas práticas higiénicas e de saneamento sejam deficientes (Conré et al, 1989).

Os desperdícios humanos são, muitas vezes, despejados próximo das águas de superfície porque as pessoas defecam perto da água por questões de conveniência. Em muitos países, tem sido prática comum nas comunidades rurais e peri-urbanas utilizar o mato ou locais públicos (Falkenmark, 1980). No início da década de 90, mais de 2 bilhões de pessoas (excluindo a China) ainda não possuíam condições sanitárias básicas. Este facto contribui para a contaminação das fontes de água (Nordberg and Winblad, 1990). O efeito da defecação ao ar livre é que as matérias fecais são arrastadas para as fontes de água durante as chuvas ou transferidas para as fontes de água por pessoas ou animais. Os animais que pastam nas áreas de captação de água contribuem também para que as fezes e larvas parasíticas sejam transportadas para a fonte de água.

Este facto afecta em particular as captações para os pequenos sistemas de abastecimento de água por gravidade. A seguir apresenta-se um exemplo de uma situação que se verifica frequentemente em muitos países:

Numa avaliação efectuada em Bengala Ocidental, foi analisado o abastecimento de água a locais públicos em três aldeias (Dhaneshwar et al, 1985). A qualidade bacteriológica da água durante o período das monções era inferior ao nível adequado para consumo humano, o que prova a existência de contaminação fecal doméstica. Constatou-se que este facto era causado pela corrente proveniente da área de captação que transportava impurezas e solo poluído para a fonte de água. Na aldeia Chimney, a maior parte dos 1.200 aldeões despejava água suja ao ar livre à volta das suas casas, onde apenas 10% tinham ligação para um dreno. Da mesma maneira, 47% das famílias despejava lixo de qualquer maneira à volta das suas casas. Apenas 28% deita regularmente o lixo em covas. Apenas um número situado entre os 20 e os 35% dos aldeões de Chimney usam latrinas; a maior parte dos indivíduos dirige-se ao mato para defecar. Muitas casas foram construídas nas encostas próximo das captações e pensa-se que os seus desperdícios são os principais responsáveis por grande parte da contaminação. As fezes de animais também são responsáveis pela contaminação, sendo arrastadas da superfície da captação para os dois lagos que alimentam o sistema de gravidade que abastece as aldeias.

Na Índia existe uma prática generalizada de despejar matérias fecais para os drenos da cidade. As fezes são recolhidas por varredores de ambos os sexos e trazidos para contentores móveis. Neste tipo de sistema examinado em África e na Ásia Sul-Oriental por Kalbermatten et al, 1982, constatou-se a existência de problemas frequentes de cheiros, insectos e restos de fezes nos locais de recolha e despejo. Os contentores são muitas vezes levados para um dreno nas proximidades e lá despejados. A poluição causada por esta situação é agravada pelas pessoas que defecam ao ar livre perto dos canais de água e neles lavam a sua roupa.

Nos bairros pobres urbanos e peri-urbanos de Dhaka, são comuns as latrinas com baldes, onde as matérias recolhidas são despejadas em valas. As latrinas de Katcha, onde as pessoas se agacham atrás de um biombo de tecido apoiado por paus de bambu, com os excrementos despejados directamente para os canais, são utilizadas por um número calculado em 20% da população de Dhaka ao longo do dia. Nas zonas de baixo rendimento, a defecação ao ar livre é frequente.

3.3 Poluição química

Não se tem dado, até agora, a devida consideração à acumulação de materiais orgânicos causadores de poluição das fontes por nitratos nos programas de abastecimento de água rural,

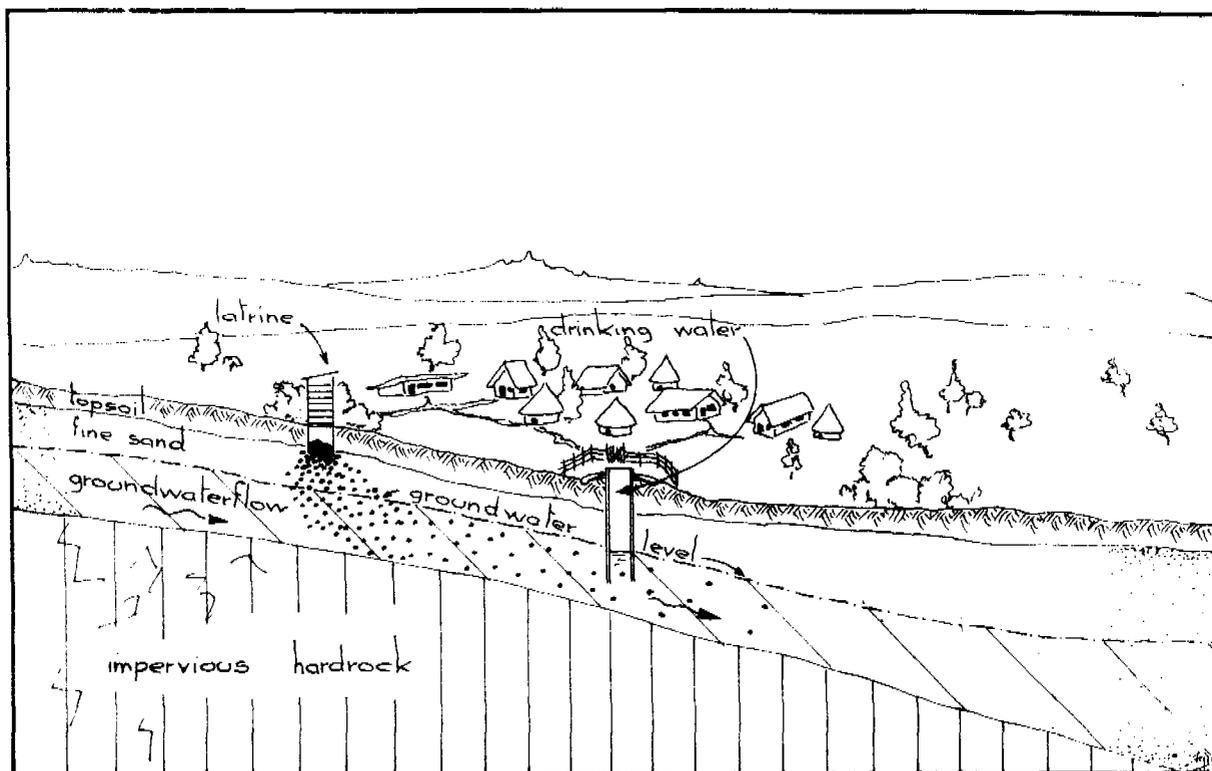
embora este pareça ser um problema premente para muitos sistemas de abastecimento de água às aldeias. A acumulação gradual de materiais nitrogenados constitui uma ameaça grave à água subterrânea. Os nitratos formam nitritos no estômago e podem causar problemas de metahemoglobinemia nas crianças. Os nitritos também podem tornar-se em nitrosaminas no estômago, que se pensa serem causadores de cancro (Hutton and Lewis, 1980).

Constatou-se a ocorrência de infiltração de nitratos em algumas aldeias situadas a noroeste de Burkina Faso. Constatou-se, ainda, que os desperdícios orgânicos provocam níveis elevados de nitratos. Em 15% dos poços perfurados e 36% dos poços escavados, estas concentrações ultrapassavam o limite estabelecido pela OMS de 45 mg/l (Groen et al, 1988). Nas áreas em questão, a água subterrânea localizada a uma profundidade de 10 a 60 metros é recarregada anualmente durante a época das chuvas. Próximo das vilas com habitações apinhadas, o despejo a longo prazo de desperdícios orgânicos concentrou compostos de nitrogénio no subsolo, que se filtram para os aquíferos. O fluxo lateral de água subterrânea desloca esta zona de contaminação para além do perímetro da aldeia. Em aldeias com casas mais dispersas, com um espaço de 100 metros entre elas e onde se cultivava o sorgo e a mapira, constatou-se uma frequência muito menor de contaminação por nitratos.

Conclui-se, pois, que uma menor carga de material de nitrogénio e a absorção das plantas reduz a infiltração dos nitratos para a água subterrânea.

O fenómeno acima descrito também ocorre noutros locais. No Gana, os poços pouco profundos (3 a 6 metros) na vila de Bolgatanga foram comparados aos poços abertos através de furos equipados com bombas manuais (1 a 20 metros) em locais fora da vila. No último caso, 70% dos poços indicavam concentrações de nitratos abaixo de 15 mg/l, não existindo praticamente nenhum poço com valores superiores ao limite de 45 mg/l estabelecido pela OMS. Nos poços pouco profundos dentro dos limites da vila, as concentrações de nitratos eram consideravelmente superiores. Todos os poços indicavam concentrações de nitratos acima dos 45 mg/l, com mais de 80% a indicarem mais de 90 mg/l. Não se analisou a contaminação por bactérias (Langenegger, 1987).

As latrinas são uma das fontes de poluição por nitratos (Lewis et al, 1980a; Lewis et al, 1981; Gumbo, 1985). Nos casos em que as latrinas possuem uma má localização, por exemplo a jusante de um poço numa zona onde o nível da água subterrânea aumenta de estação para estação, ou em que as mesmas são cavadas a profundidades demasiado grandes, o nível do lençol freático pode intersectar os excrementos da latrina, permitindo que as bactérias, nitritos e nitratos penetrem na água (Figura 4).



Legenda:

latrine	-	latrina	groundwater level	-	nível de água subterrânea
drinking water	-	água potável	groundwater flow	-	fluxo de água subterrânea
topsoil	-	crosta terrestre	impervious hardrock	-	rocha dura impermeável
fine sand	-	areia fina			

Figura 4: Contaminação dos poços a partir de latrinas

Nos casos em que os solos são altamente permeáveis ou em que a rocha do leito se encontra rachada, a água contaminada pode percorrer grandes distâncias através dos aquíferos (Rob, 1977). Na parte oriental do Botswana (Lewis et al, 1980b), estudos de traçador indicaram períodos de tempo de deslocação rápidos entre as latrinas e os furos através das fissuras existentes na rocha do leito. Estudos no terreno levados a cabo por Wellings et al (1975) sugerem que os entero-vírus podem sobreviver durante pelo menos 28 dias na água subterrânea, pelo que mesmo as rotas lentas de transmissão de água podem ser vias de contaminação.

No Botswana, os problemas de contaminação por nitratos dos sistemas de abastecimento de água já são conhecidos há muito tempo. Em 1980, entre 5 a 10% de todas as amostras de água subterrânea analisadas indicavam níveis de nitratos que ultrapassavam imenso os níveis recomendados pela OMS. As fontes de alto risco eram os furos mais frequentemente usados localizados dentro dos limites da aldeia. Chegou-se, portanto, à conclusão de que as latrinas e a defecação ao ar livre constituíam as fontes predominantes de poluição. Na aldeia de Mochudi, a cerca de 50 km ao norte de Gaborone, um traçador injectado numa latrina foi detectado no furo de abastecimento de água situado a 25 metros, apenas 235 minutos depois. A concentração de nitratos mais elevada detectada na aldeia de 7.000 habitantes era de 603 mg/l. As sondagens do solo efectuadas nas latrinas indicavam uma zona de alta contaminação dentro de um raio de 15 metros e uma fonte enorme de nitratos de contaminação na água subterrânea pouco profunda localizada entre 6 a 9 metros. Testes bacteriológicos efectuados no furo de água indicavam coliformes fecais a um nível de 10 por 100 ml (Hutton and Lewis, 1990).

A localização de latrinas próximo de locais de abastecimento de água constitui a causa principal da poluição da água subterrânea na região do Pacífico (Guo, comunicação pessoal de 1989). Este problema foi também documentado na Tanzânia, onde se registaram níveis elevados de nitratos e de bactérias fecais no abastecimento de água. As questões mais amplas e alguns dados quantitativos relativos ao risco de poluição de água subterrânea devido ao saneamento nos países em vias de desenvolvimento foram bem apresentados numa revista literária do IRCWD (Lewis et al, 1980a).

Na Área de Munuki, Juba, um estudo efectuado pelo Conselho Sudanês das Igrejas (1986) constatou que o saneamento no local era a causa de graves problemas de poluição da água subterrânea. Em 73 latrinas, 51% foram inundadas por um nível crescente do lençol freático durante a época das chuvas de 1985. Muitas destas latrinas tinham uma profundidade inferior a 4 metros, embora as orientações sobre a saúde pública indiquem que as mesmas devam ter uma profundidade de 7 metros. Este facto origina a poluição da água subterrânea causada por nitratos e bactérias fecais. Em dois furos e três poços testados, a poluição por nitratos em três poços e um furo excedia as orientações da OMS em relação ao consumo máximo, um furo e três poços ultrapassavam os limites de nitritos e três poços ultrapassavam os limites de amónio. A poluição bacteriológica era pior, com todos os locais de abastecimento de água a indicarem contaminação causada por coliformes fecais.

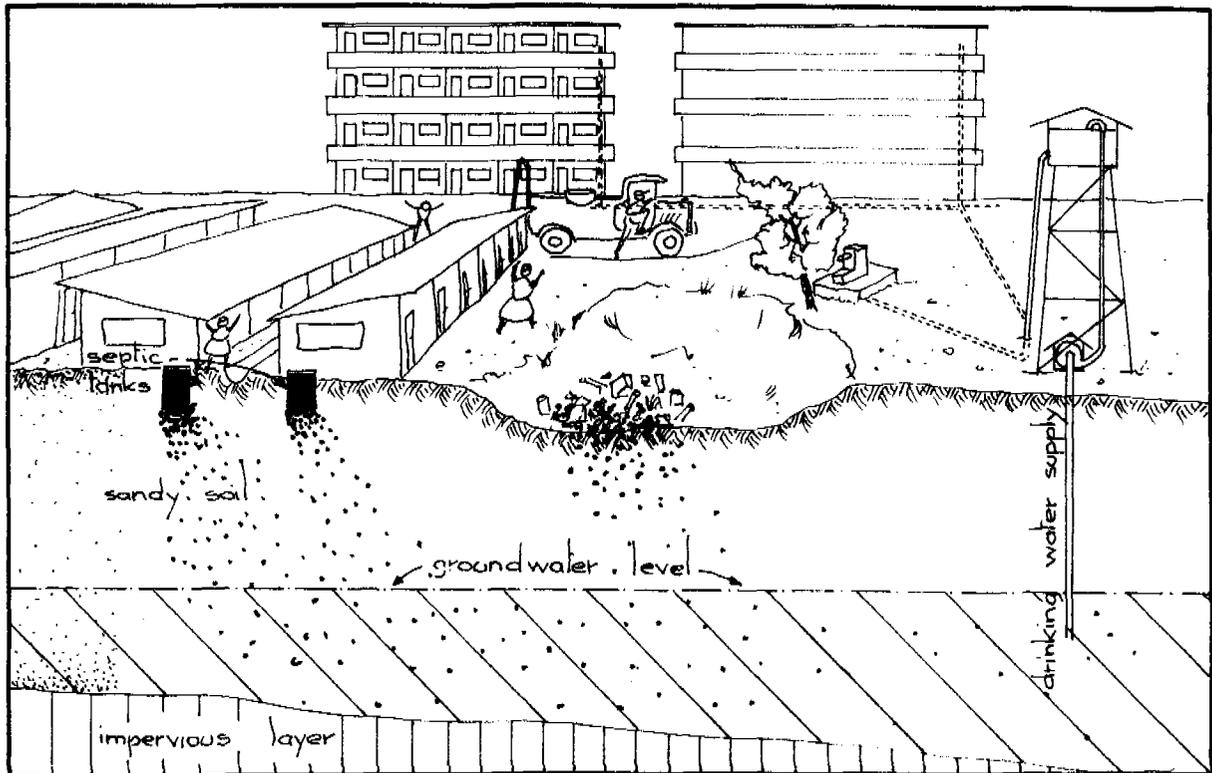
Dados recolhidos por Cook e Das (1980) na Região Central da Índia indicavam claramente que se podem desenvolver formas de contaminação por nitratos a partir de uma aldeia através de água subterrânea pouco profunda com muitas unidades de saneamento no local. As zonas de maior risco são as que possuem uma alta densidade de unidades de saneamento e onde o nível de remoção do nitrogénio e do recarregamento da água subterrânea é moderado a baixo.

Milhares de latrinas foram introduzidas no Bangladesh pelo Departamento de Engenharia de Saúde Pública. Foram instaladas latrinas simples e do tipo impermeável. Porém, a maior parte das que foram instaladas há mais de um ou dois anos transbordaram. O fracasso destas latrinas na zona de Dhaka deve-se à grande possibilidade de os solos à sua volta se entupirem, impedindo a infiltração do líquido da latrina. Com o grande número de utentes, as latrinas enchem-se rapidamente. Dhaka encontra-se situada num grande delta e as elevações do terreno variam de 4 a 9 metros acima do nível do mar. Durante a época das monções, mais de metade da cidade é inundada durante longos períodos. Nas zonas mais baixas, os solos estão saturados e a água escorre para dentro e para fora das latrinas. Cria-se uma rota directa do buraco da latrina para a água subterrânea e os excrementos das latrinas derramados à superfície escorrem para os drenos de água. O mesmo acontece com os tanques sépticos (fossas) usados por cerca de 60% das famílias em zonas com solos de menor grau de permeabilidade (Rahman, 1987).

As componentes de nitrogénio nos excrementos acumulados nas instalações de saneamento não representam imediatamente um perigo patogénico à água subterrânea, mas podem causar problemas de maior extensão e mais persistentes. Deve-se prever que os sistemas de saneamento não tratados causarão frequentemente um aumento na concentração de nitratos na água subterrânea, mesmo em climas relativamente húmidos (Foster et al, 1987). Nas Bermudas, existe uma correlação estreita entre a densidade populacional servida por fossas de saneamento e os níveis de nitratos na água subterrânea.

As fossas sépticas constituem também uma fonte de contaminação por nitratos (ver Figura 5). O material de nitrogénio é acumulado durante longos períodos dentro do solo. Se o material de que é feita a fossa estiver rachado ou for poroso, o líquido, rico em nitratos, pode escorrer dos tanques para a água subterrânea.

Nos casos em que as fossas são demasiado pequenas ou que não existem condições de limpeza das mesmas, as latrinas e as fossas podem transbordar e, durante as chuvas, as matérias fecais podem escorrer directamente para fontes de água. Por exemplo, na Tanzania escasseiam meios de limpeza de fossas. Em 1989, nas cidades calculava-se que fossem necessários 164 carros de limpeza de fossas mas apenas 24, de uma frota total de 47 veículos, estavam em funcionamento. Podiam ver-se esgotos a transbordar de diversas fossas em vários locais (Moshia, 1989).



Legenda:

- | | | | |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| septic tanks | - tanques sépticos, fossas | drinking water supply | - abastecimento de água potável |
| sandy soil | - solo arenoso | impervious layer | - camada impermeável |
| groundwater level | - nível da água subterrânea | | |

Figura 5: *Tanques sépticos antigos e despejo do lixo contribuem para a poluição por nitratos*

Em Andhra Pradesh e noutros locais na Índia, a contaminação da água subterrânea por nitratos através da infiltração de efluentes de tanques sépticos tornou-se num problema ambiental. A concentração elevada de nitratos na água potável provoca metahemoglobinemia nas crianças, produz nitrossaminas carcinogénicas no estômago, provocando carcinomas gástricos (Mowli and Seshaiiah, 1988). Em Tirupati, uma cidade com 1,8 milhões de habitantes, dos 139 poços que abastecem os grupos comunitários estudados, 59 continham um valor de nitratos superior ao limite permitido pelo Conselho Indiano de Investigação Médica (50 mg/l). A principal fonte responsável por esta contaminação eram os efluentes das fossas, embora este valor fosse aumentado pela fuga dos drenos ao ar livre e o despejo indiscriminado de desperdícios animais.

O resultado da contaminação a partir do saneamento pode ser a contaminação fecal imediata e a ocorrência de diarreias e de outras doenças transmissíveis, seguida de uma contaminação a longo prazo da água subterrânea por nitratos e nitritos. O cheiro, sabor e o aspecto da água subterrânea ou de superfície também pode deteriorar-se tornando-a água dura, salobra,

acastanhada e com mau cheiro. O longo período de sobrevivência das bactérias e o tempo de deslocação, muitas vezes rápido, da água subterrânea em certas condições geológicas pode levar à transmissão rápida e extensa de doenças. Em condições geológicas desfavoráveis, isto é solos rachados e permeáveis, rocha no leito com níveis de lençol freático elevados e fortes inclinações, é provável que as duas principais tecnologias de baixo custo, nomeadamente de água potável subterrânea não-reticulada e de saneamento sem ligação à rede de esgotos, sejam incompatíveis (Foster et al, 1987).

O despejo de desperdícios para dentro de uma fonte de água ou perto dela provoca a poluição orgânica e química. Em muitas zonas urbanas, as represas de drenagem são entupidas por lixo e desperdícios atirados nos locais onde são colocados os canais de esgotos (Pickford, 1984). Na Tanzânia, montes de lixo fazem parte da paisagem da maior parte das cidades e vilas. Encontram-se montes de lixo nos passeios, em locais abertos, praticamente por todo o lado (Moshia, 1989). O governo local não está suficientemente equipado para a recolha do lixo doméstico devido à falta de fundos para adquirir e operar caminhões de recolha de lixo. Esta situação é mais gritante em áreas peri-urbanas e bairros pobres onde o lixo doméstico não é recolhido. Uma vez que estas zonas se encontram situadas na periferia dos centros urbanos, os poços e captações dos rios que inicialmente se encontravam fora da zona organizada já não são protegidos.

Os problemas de despejo do lixo e de desperdícios são analisados exaustivamente em Holmes (1984). O lixo está a mudar cada vez mais de matérias basicamente orgânicas tais como folhas, frutas podres, etc. para matérias inorgânicas sólidas tais como latas, plásticos e produtos derivados do papel. Os aldeões despejam este lixo próximo dos rios para serem arrastados pela enchente seguinte. Pickford (1984) indica que cerca de 90% dos desperdícios na Ásia são despejados através deste processo. Também foram vistos camponeses do Sudeste da Ásia a lavar recipientes que continham resíduos de pesticidas e fertilizantes em canais de irrigação que outros agricultores usam para beber a jusante (Perry and Dixon, 1986).

3.4 Caudal insuficiente devido ao mau funcionamento dos sistemas

O mau funcionamento de sistemas de abastecimento de água potável está muitas vezes ligado ao número cada vez maior de casos de perdas de água, vandalismo e ao aumento da procura e concorrência entre diferentes grupos de utentes. Estes factores poderão conduzir à insuficiência da fonte de água. Este facto verifica-se mais nas nascentes e pequenos cursos de água e no caso da água das chuvas. Uma vez que o caudal destas fontes é muitas vezes insuficiente para satisfazer o pico da procura, a armazenagem é essencial. Os sistemas ineficazes de abastecimento de água devido a instalações deterioradas resultam, muitas vezes, num maior dano causado pelos utentes. Por exemplo, os utentes poderão tentar ultrapassar o problema do mau funcionamento do sistema quebrando-o próximo da fonte para ter acesso à água. Este facto aumenta ainda mais a ineficiência da fonte.

O mau funcionamento é muitas vezes causado por uma má planificação e construção e por uma operação e manutenção inadequadas. Estes factores são abordados noutra literatura, nomeadamente Bastemeijer and Visscher (1988) e Boot and Heynen (1988). Embora esta questão não seja especificamente tratada neste documento, torna-se claro que é necessário

prestar atenção a estes aspectos, de modo a tornar eficiente o uso dos recursos hídricos existentes.

O vandalismo afecta as fontes de forma indirecta através do mau funcionamento dos sistemas de abastecimento de água, mas também directamente pois que diz respeito à fonte e à área de captação. Existem vários factores causadores do vandalismo. Os utentes de sistemas que não funcionam correctamente podem danificar as estruturas de entrada de água e as caixas de captação das nascentes para terem acesso directo à água, expondo a fonte a uma possível contaminação. As pessoas descontentes com o desenvolvimento de um sistema de abastecimento de água podem tentar quebrá-lo de propósito. Isto diz respeito, por exemplo, aos vendedores de água que perderam um mercado, os utentes de água a jusante que sentem que o seu abastecimento se encontra ameaçado pelo novo sistema ou outros membros da comunidade que, de alguma forma, sentem que a sua propriedade foi transferida e que desenvolveram um certo rancor contra os outros aldeões.

Em Santo Antão, Cabo Verde, os conflitos sociais provocados pela água são intensos. A água é considerada propriedade privada e têm-se registado inúmeros casos em que "os proprietários" das fontes de água destruíram estruturas comunitárias de abastecimento de água. O nível de vandalismo tem sido tão elevado em algumas áreas que as estruturas municipais não têm conseguido proceder à sua reparação (Hemmings-Gapihan and Freitas, 1990).

O vandalismo assume diversas formas. A mais comum é o roubo das componentes do sistema de abastecimento, tais como secções da tubagem, torneiras, porcas e parafusos, arruelas de aço, chapas de ferro ou vedação. Em Shinyanga, na Tanzania, cerca de 40% das bombas manuais tinham falta de porcas e parafusos porque as mesmas tinham sido tiradas para serem usadas nas carroças de bois e nos arados (Andersson, 1982). Também é comum a ocorrência de danos accidentais devido ao uso incorrecto das instalações. Um exemplo desta situação é o facto de as crianças partirem as torneiras por baloiçarem no braço da bomba manual.

O mau funcionamento dos sistemas de abastecimento de água faz com que os utentes procurem fontes alternativas que sejam mais seguras. Por exemplo, se se registar uma avaria das bombas manuais em furos de diâmetro pequeno, não resta outra alternativa aos utentes senão irem buscar água noutra local. Se a avaria da bomba manual durar mais do que um dia, o consumidor deve recorrer à fonte tradicional, com todos os riscos óbvios para a saúde. Estas fontes tradicionais estão muitas vezes contaminadas e a sua utilização representa muitas vezes um risco para a saúde. De um estudo efectuado a 26 bombas manuais avariadas em Shinyanga, na Tanzania, constatou-se que 57% dos utentes recorre a fontes tradicionais não seguras, enquanto que outros 27% abriram a cobertura do poço para obter água através de uma corda e balde (Andersson, 1982).

3.5 Caudal insuficiente devido à procura competitiva

A utilização da água para outros fins que não sejam domésticos afecta frequentemente o grau de confiabilidade e a qualidade do abastecimento de água potável às pequenas comunidades. A água de fontes mais pequenas é cada vez mais extraída para efeitos de irrigação por agricultores mais ricos que possuem terras suficientes e que estão em condições de instalar um sistema de bombagem motorizado. A procura da água é aumentada pelos proprietários de gado que

necessitam dela para dar de beber aos seus animais e, em alguns casos, pelas indústrias de processamento agrícola tais como o café, sisal ou trabalhos em cabedal.

A procura competitiva ao nível da comunidade também se verifica nos sistemas de recolha de água. Estes sistemas proporcionam um volume limitado de água armazenada logo que a estação das chuvas chega ao fim até ao fim da estação seca e ao início da época das chuvas seguinte. Durante este período, a água encontra-se disponível para uma série de utilizações, embora muitos sistemas tenham sido concebidos apenas para satisfazer as necessidades de água potável de cerca de 5 litros por pessoa por dia. Isto baseia-se no pressuposto de que os utentes recorrerão a fontes tradicionais para tomar banho, lavar a roupa ou dar de beber aos seus animais. Porém, foram documentados exemplos de água usada para todas as necessidades domésticas (Lee and Visscher, 1990). Estas necessidades domésticas competem com a quantidade limitada de água armazenada, fazendo com que esta se esgote antes do início da estação das chuvas seguinte. Nos casos em que os sistemas são propriedade privada de famílias individuais, não se verifica nenhum conflito de interesses. Contudo, quando os sistemas são propriedade comum tais como tanques ou reservatórios, o potencial para a ocorrência de conflitos sociais entre os diferentes utentes é elevado. Quando não se definem os direitos dos utentes ou quando os mesmos não são executados em termos de quem e como se pode beneficiar de uma fonte de água, o caudal pode-se tornar rapidamente insuficiente, dando origem a conflitos.

Existem cenários semelhantes referentes a fontes de água, nascentes e água subterrânea. Por exemplo, nas regiões de Mbeya, Rovuma e Iringa na Tanzânia, a procura da água aumentou devido à utilização da água no fabrico de tijolos. Essa situação fez com que se previsse que os caudais das fontes se tornassem insuficientes. O uso competitivo das mesmas fontes de água provocou problemas nas regiões de Mbeya e Iringa. O estudo sobre os direitos da água, a identificação de conflitos e a atribuição de critérios foram considerados indispensáveis (Bastemeijer et al, 1987).

No caso da água subterrânea, os problemas de desigualdade no acesso e o potencial de bombagem deram origem à distribuição desigual, estando os pequenos sistemas comunitários de abastecimento de água mais em risco. Os aglomerados populacionais menores nas zonas rurais normalmente usam poços pouco profundos cavados manualmente até atingir o lençol freático, enquanto que as pequenas indústrias e quintas normalmente usam poços perfurados mais profundos, equipados com bombas motorizadas. Nos casos em que a água é reabastecida lentamente ou de acordo com as estações do ano, o uso desregrado conduz ao esgotamento da água subterrânea e a uma quebra nos níveis de água. Na Índia, a utilização de bombas mecanizadas provocou a escassez da água nos aglomerados populacionais periféricos rurais devido à redução do nível do lençol freático para baixo do nível dos poços cavados manualmente (Bandyopadhyay, 1987). Em muitos países em vias de desenvolvimento, pouco é feito em termos de controlo oficial dos utentes privados de água subterrânea, especialmente nas zonas rurais. A extracção da água subterrânea tornou-se "livre-para-todos", em que grandes agricultores e indústrias exploram um recurso limitado e mantêm uma vantagem técnica e financeira em relação aos utentes privados mais pobres. Com o esgotamento do aquífero, a indústria pode mudar para uma tecnologia de bombagem cada vez mais sofisticada e potente, enquanto que os seus vizinhos mais pobres perdem o acesso ao seu recurso.

3.6 Caudal decrescente devido a mudanças no uso da terra

Nas pequenas áreas de captação, as actividades humanas podem rapidamente causar problemas na fonte de água. A maior parte dos problemas é provocada pela mudança nos padrões de uso da terra resultante do aumento da pressão populacional e da actividade económica. Na maior parte dos países, o crescimento populacional implica a necessidade de se cultivar mais terras. Quando se desbravam terrenos para fins agrícolas, muitas vezes os proprietários de gado que usam essas terras vêm-se forçados a mudar para outras, menos apropriadas, provocando a sua degradação devido à utilização excessiva para pastos e, em última instância, a desertificação. O gado é concentrado em áreas cada vez mais reduzidas e os programas dos governos forçam pastores anteriormente nómadas a terem uma vida sedentária, aumentando assim o peso da criação de gado numa determinada região (Blaikie, 1985). Os camponeses destroem e queimam savanas e depois transferem-se para novas áreas quando a fertilidade do solo se esgota depois de algumas campanhas agrícolas e a crosta terrestre é arrastada. (Mishra and Ramakrishnan, 1983). Em termos gerais, poucas tentativas têm sido feitas no sentido de aliar o desbravamento de terras a uma melhor gestão, como por exemplo o uso de fertilizantes orgânicos, controle da erosão e técnicas de agricultura irrigada por técnicas de escoamento. A escassez de terras também faz com que os camponeses procurem outras fontes de rendimento. Actividades económicas tais como a produção de tijolos para a construção e carvão para combustível, contribuem para a mudança dos padrões de uso da terra, alteram a cobertura de vegetação e, conseqüentemente, afectam as fontes de água potável da população local.

De acordo com Bandyopadhyay (1987), a estratégia de gestão dos recursos hídricos na Índia tem sido orientada pela filosofia de que "a água é estritamente um recurso fixo e não podemos destruí-la de forma significativa". Contudo, a experiência demonstrou que a perturbação dos ciclos de água na Índia transformou, muitas vezes, um recurso renovável abundante num recurso em vias de desaparecer. Por exemplo, o rio Cherrapunj é afectado pelo desflorestamento. O desaparecimento gradual de savana mista natural nas captações das montanhas agrava o perigo de cheias causadas pelas monções no Bangladesh. Logo que as monções chegam ao fim, as nascentes, riachos e rios secam, deixando as comunidades rurais com graves problemas de água. A substituição da savana mista com árvores de folhas largas por plantações de espécies comerciais em regime de monocultura, tal como é o caso do eucalipto na região de Terai em Uttar Pradesh, causa uma fraca estabilidade do solo, reduzindo a capacidade de infiltração, aumentando o potencial para a ocorrência de inundações e contribuindo para a escassez da água de superfície, facto que afecta particularmente as pequenas comunidades residentes nas montanhas.

Tal como muitas outras nações em vias de desenvolvimento, a Tanzania é afectada pela degradação de terras devido à destruição da vegetação natural das encostas, o seu cultivo intensivo e utilização excessiva para pastos (Christiansson, 1986). Particularmente nas zonas mais secas, grandes quantidades de água são perdidas durante as enxurradas e grandes quantidades de sedimentos provocados pela erosão rapidamente se acumulam nos reservatórios de água de superfície. A parte mais intensamente degradada da Tanzania é provavelmente a região de Dodoma, que possui uma estação das chuvas com a duração de quatro a cinco meses, com nível pluviométrico de 500 a 600 milímetros. A população local dedica-se à agricultura e pastorícia, dependendo da agricultura para a sua subsistência e do gado para fins sociais, de capital e de seguros (Christiansson, 1986). A pressão populacional forçou os camponeses a cultivarem as encostas mais íngremes, pelo que a perda da crosta terrestre é um fenómeno comum. As medições das bacias de drenagem efectuadas antes de 1986 indicavam que se perdiam, em média, 600 metros cúbicos de solo por quilómetro quadrado. A

erosão dos campos individuais varia de 2 a 10 mm por ano e, conseqüentemente, os reservatórios de água de superfície têm uma vida mais curta.

Na região de Rovuma na Tanzânia, as queimadas ao capim e aos arbustos fizeram com que pequenas fontes locais de água por gravidade secassem num período de um ano (Mandia, comunicação pessoal de 1987). Outras actividades tais como o corte de lenha, apascentamento do gado e agricultura de subsistência são indicadas como afectando os caudais das fontes de água nas regiões de Mbeya, Rovuma e Iringa (Bastemeijer et al, 1987). A produção de carvão pelos aldeões em Nakuru no Quênia contribuiu para uma redução do caudal dos cursos de água e nascentes nos projectos de água da Diocese Católica (Woldeye, comunicação pessoal, 1990). Em Kisumu, no Quênia, a existência de aglomerados populacionais densos e as pressões daí resultantes sobre a terra existente estão a originar um intenso desflorestamento. Muitas fontes naturais estão a secar em resultado dessa situação (van Maanen, comunicação pessoal de 1989).

A mudança nos padrões do uso da terra, particularmente da cobertura de florestas para arbustos ou o cultivo de subsistência provoca um aumento na turbidez da água de superfície. Os sólidos suspensos podem conter vários elementos tóxicos prejudiciais à saúde se não forem retirados através da filtração ou da floculação antes do consumo da água. Quanto maior for a turbidez, menor a eficácia da filtração lenta de areia, um método simples de tratamento que é muitas vezes usado por pequenos sistemas rurais de abastecimento de água potável. Com efeito, um índice elevado de turbidez está a tornar-se o motivo mais comum para o mau funcionamento dos filtros lentos de areia. O rápido entupimento dos filtros contribui para a rápida deterioração das instalações (Myhrstad and Haldorsen, 1984). Na Tailândia, a coagulação química, cloração e sistemas de filtração lenta de areia estão a ser afectados negativamente pelas rápidas mudanças no conteúdo das matérias suspensas e na turbidez (Chainarong, 1977). Para além do aumento da carga de sedimentos das pequenas captações onde se procedeu ao derrube das suas árvores e arbustos, verifica-se a mudança das características sazonais dos riachos e das nascentes. Uma maior quantidade da água escorre e menos água penetra no solo para reabastecer os aquíferos locais. O resultado desta situação é a ocorrência de inundações destruidoras a jusante aquando da queda de fortes chuvas e, em seguida, as fontes de superfície secam e os níveis de água subterrânea baixam. Esta flutuação pode ser suficientemente grave a ponto de secar as fontes de água e causar a quebra significativa dos níveis dos lençóis freáticos.

A questão do desflorestamento e da erosão do solo foi amplamente discutida na literatura, embora normalmente não sob o ponto de vista de uma fonte ou do abastecimento de água, mas mais em termos da deterioração de terras para cultivo, desabamento de terras e acumulação de depósitos sedimentares nos rios e reservatórios. Encontram-se muitas referências sobre a questão dos efeitos ambientais do desflorestamento e da erosão do solo na bibliografia anotada de Blackie et al (1980) e em textos sobre a fonte principal da erosão tais como de Morgan (1981, 1985), Lal and Russell (1981) e Blackie (1985). Porém, mesmo com a riqueza dos conhecimentos existentes sobre os problemas ambientais e suas possíveis soluções, o problema ainda está a aumentar globalmente com o crescimento da população e com o aumento das pressões para se abrirem novas terras para satisfazer as necessidades de subsistência.

Em algumas áreas, o desabamento de terras pode criar problemas. Estes desabamentos são muitas vezes provocados pela actividade humana como a exploração de minas, desflorestamento ou construção de estradas, assim como por causas naturais tais como tremores

de terra ou grandes tempestades. Os canais são bloqueados, as represas sofrem brechas e as condições físicas nas áreas de captação alteram-se. O desabamento de terras é um problema comum em zonas montanhosas e sob a influência de monções, tal como é o caso do Nepal (Lane, comunicação pessoal de 1989). Neste país, o desabamento de terras soterra as nascentes ou riachos. Esta observação foi confirmada por Strauss (comunicação pessoal, 1989). Em Bengala Ocidental, também se sentem problemas de desabamento de terras que causam a interrupção no abastecimento de água canalizada (Dhaneshewar et al, 1985).

4. Factores que Afectam Pequenos e Grandes Sistemas de Abastecimento de Água

4.1 Análise de questões relativas à qualidade e à quantidade

Os três principais factores ambientais que afectam a qualidade das fontes parecem ser a poluição da fonte causada por desperdícios industriais, contaminação por pesticidas e fertilizantes e poluição por esgotos domésticos.

Os dois principais problemas ambientais que afectam a quantidade e a segurança no abastecimento das grandes fontes de água parecem ser a exploração da água subterrânea acima de níveis sustentáveis e as mudanças sazonais no fluxo e recarregamento causadas pelas mudanças nos padrões de uso da terra. Os factores ambientais que afectam os grandes e pequenos sistemas de abastecimento de água encontram-se apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Factores ambientais que afectam os utentes de pequenos e grandes sistemas de abastecimento de água

<i>Problema da fonte</i>	<i>Qualidade inaceitável</i>	<i>Caudal insuficiente</i>
Natureza do problema	Poluição química Poluição orgânica (fecal) Intrusão de água salgada Turbidez elevada	Inundações destruidoras Quebra no nível do lençol freático Flutuações sazonais
Factores ambientais	Desperdícios industriais e despejo de águas negras Uso de pesticidas e fertilizantes Descarga de esgotos Extracção exagerada de água subterrânea	Mudanças no uso da terra Erosão Urbanização Represas Recarregamento insuficiente do aquífero
Soluções	Reciclagem dos desperdícios Criação de incentivos económicos Controlo dos desperdícios Melhoramentos tecnológicos Melhor manutenção das estações de tratamento Consciencialização Formação Estações de tratamento Gestão dos recursos hídricos Melhor localização das fontes	Planeamento do uso da terra Reflorestamento Conservação do solo Reutilização de águas negras Recarregamento artificial Controlo da erosão

4.2 Poluição industrial de lençóis de água e de água de superfície

O despejo descontrolado dos desperdícios industriais provoca a contaminação da água de superfície em muitos países em vias de desenvolvimento. Este facto aplica-se, em particular, aos bairros peri-urbanos e às aldeias rurais do interior situadas a jusante das cidades que dependem dos rios que atravessam uma zona industrializada. A descarga de desperdícios industriais não

ratados constitui um problema importante para muitas comunidades ribeirinhas, causando problemas de saúde, nomeadamente da pele e do abdómen.

Presentemente, a maioria das indústrias não trata os seus desperdícios se estes não contiverem produtos recicláveis que possam voltar a ser processados ou vendidos. Uma vez que o tratamento seria mais dispendioso e geralmente não existem sanções aplicadas ao despejo de desperdícios não tratados, raramente existem incentivos económicos para o tratamento dos desperdícios industriais.

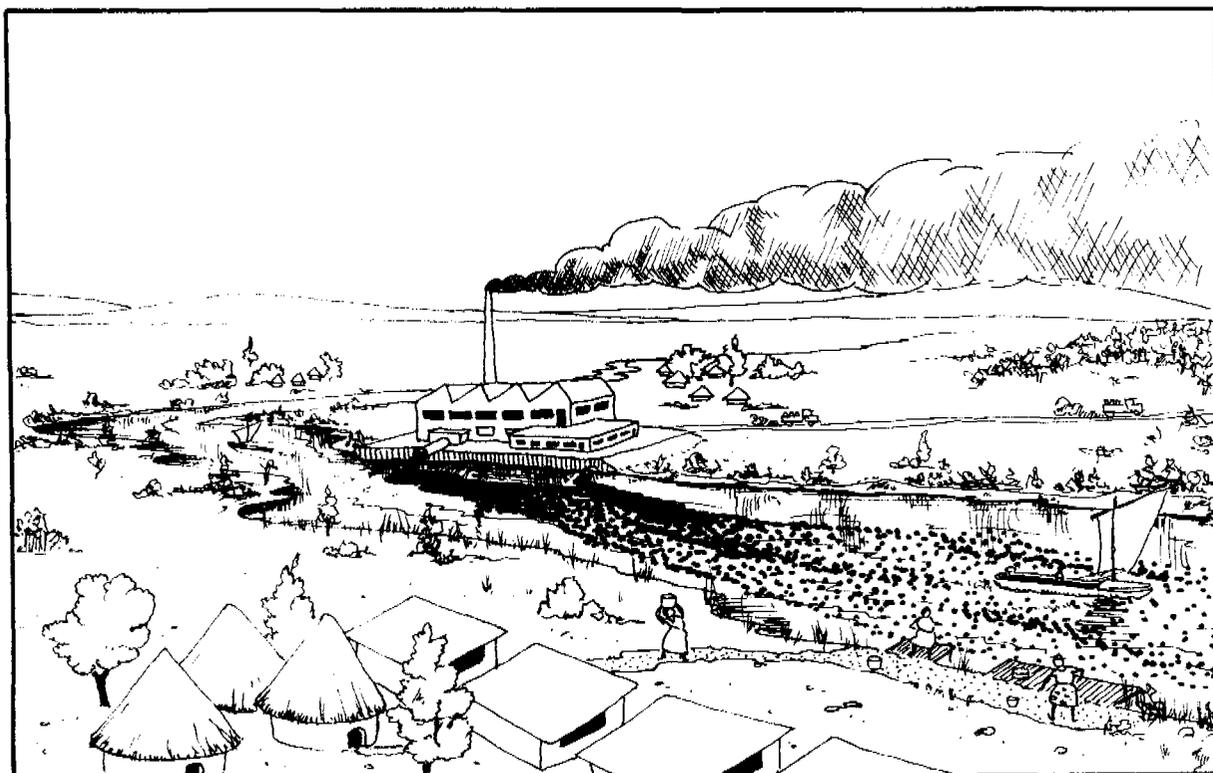


Figura 6. Poluição da água de superfície pelas indústrias

Mesmo que haja incentivos ou interesse, o tratamento muitas vezes não é tomado em consideração. Embora este facto se deva geralmente à falta de conhecimentos técnicos dentro das empresas envolvidas, também parece haver a necessidade de se desenvolverem métodos de tratamento de baixo custo para as indústrias de pequena e média dimensão. O tratamento é muitas vezes demasiado oneroso porque a maior parte das tecnologias foram desenvolvidas para a operação industrial em larga escala nos países desenvolvidos.

Os governos são muitas vezes incapazes de instituir medidas de controlo da poluição. Eles carecem de instrumentos para proceder ao monitoramento e controlo da poluição. Estão mal equipados para identificar a natureza e a fonte da poluição. As capacidades institucionais são muitas vezes insuficientes para fazer vigorar os regulamentos. A maior parte dos países em vias de desenvolvimento não possuem leis de controlo de produtos químicos tóxicos nem a capacidade técnica ou institucional para implementar tais leis (UNEP, 1989).

Existem muitos casos que podem ser citados. Por exemplo, os efluentes químicos das fábricas de café e de açúcar no Quênia foram despejados para os cursos de água de uma forma pouco controlada desde a sua criação (Wandinga, 1977). A descarga de desperdícios industriais da indústria de couro no mesmo país foi documentada por Boro (1984). Na Tanzânia, as fábricas têxteis, fábricas de curtumes, fábricas de sabão e fábricas de sisal têm provocado grave poluição da água há muitos anos, em particular em Dar-es-Salam (Bastemeijer, 1982). Um estudo está a ser realizado pelo IDRC com vista a determinar a natureza e as fontes de poluição do Msimbazi Stream, riacho que atravessa a cidade de Dar-es-Salam (IDRC, 1989).

Foi relatado que as indústrias na Zâmbia descarregavam agentes causadores de poluição directamente nos cursos de água (Katko, comunicação pessoal, 1989). Na Índia, o crescimento rápido da capacidade industrial deu origem a um aumento tremendo no grau de poluição da água do riacho e do rio causada pelos desperdícios industriais. Foram documentados inúmeros exemplos, tais como os efeitos dos desperdícios da destilaria no Rio Neeva em Andhra Pradesh. Nesse local, a cor, o cheiro e o sabor, e especialmente as características químicas, tornam o rio impróprio para uso doméstico (Reddy, 1987). Os principais rios da Índia correm um grande perigo.

Em Kampur, no Rio Ganges, a existência de 45 fábricas de curtumes e 10 fábricas têxteis tornou-a na cidade mais poluída da Índia (Dikshit and Nigam, 1982). Os efluentes industriais contendo produtos químicos carcinogénicos, metais de indústrias cirúrgicas e águas negras altamente venenosas tornaram a água do Rio Ganges imprópria para consumo humano e para se tomar banho. Constatou-se que um perigo importante no efluente da fábrica de curtumes era o crómio, que não pode ser removido através do tratamento da água e que causa a inflamação das membranas das mucosas e infecções nos olhos aos que tomam banho neste rio como parte de um ritual (Suresh Chandra and Krishna, 1983).

Muitas vezes se assume, de forma implícita, que os principais rios do mundo têm uma capacidade de assimilação suficientemente elevada para tornar todo o efluente industrial inofensivo através da dispersão e da dissolução. Não se têm realizado quaisquer estudos para determinar os limites seguros para se efectuar a descarga. Por exemplo, há alguns anos, a entrada de água da capital de Madagáscar, Antananarivo, estava situada a poucos quilómetros a jusante da descarga da fábrica de papel para o rio Ikopa. No rio corria muito pouca água na época seca, em particular devido à extracção da água a montante para efeitos de irrigação das planícies à volta da capital. O tanque de tratamento estava aparentemente fora de uso.

Muitos dos problemas da poluição industrial são sazonais e conseqüentemente relacionados com a capacidade variável da fonte de água diluir ou não os efluentes a níveis de concentração aceitavelmente baixos. O Rio Kali na Índia constitui um exemplo, pois é seriamente poluído durante o Verão, que corresponde à estação seca, e quando o rio apresenta o seu caudal mínimo (Bhargava, 1987). Com base num estudo sobre a qualidade da água de toda a faixa de Kali, procedeu-se à classificação e delimitação de zonas com base num índice de qualidade da água. Esta classificação indicou que, ao longo de todo o rio, a água era de qualidade aceitável para o abastecimento público apenas em dois locais e somente durante os meses chuvosos do inverno, altura em que os níveis do fluxo eram elevados e os efluentes eram suficientemente diluídos. Em nenhum local e em nenhum momento a água pôde ser considerada própria para os banhos religiosos e para consumo sem tratamento prévio devido ao elevado índice de coliformes fecais.

Na América Latina, os rios Reconquista e Matanza-Riachuelo na Argentina, os rios Choqueyapu-Reni na Bolívia, o rio Tiete no Brasil, o rio Magdalena na Colômbia, os rios Bio-Bio e Maipo no Chile, o rio Guayas no Equador, o rio Rimac no Peru e o rio Tuy na Venezuela, entre outros, recebem níveis graves de poluição industrial tóxica devido à descarga não tratada das fábricas. A maior parte destes rios não só abastece água a pequenos assentamentos populacionais ao longo do seu curso, como também são fontes de abastecimento de água nas principais áreas metropolitanas (CEPIS, 1989).

A má armazenagem de desperdícios industriais e também de outra natureza originam a poluição da água subterrânea e de superfície. As principais causas incluem a má concepção das instalações de armazenagem, as fugas provenientes de armazens danificados e a infiltração dos tanques de tratamento. Em Modinagar, Uttar Pradesh, um complexo industrial de fábricas de têxteis, aço, açúcar, vernizes, tintas e de produtos químicos descarrega desperdícios não tratados num dreno de 32 Km. Dos três poços com bombas manuais e um poço cavado manualmente analisados próximo do dreno, três estavam seriamente contaminados por elementos tais como rubídio, cobre e zinco. No Punjab, permite-se que as águas negras industriais se infiltrem a partir dos drenos sem protecção e das depressões pouco profundas (Handa et al, 1983). A infiltração de agentes causadores de poluição resultante da acumulação de desperdícios ao ar livre nos drenos parece constituir um problema comum na Índia.

Em Ludhiana, Punjab, muitas indústrias descarregam os seus efluentes de desperdícios em drenos sem protecção os quais, durante as estações de chuvas torrenciais, se espalham por uma grande área. Depois de percorrer uma distância de dois quilómetros, um destes drenos descarrega numa depressão pouco profunda sem saída visível. Verificou-se que as bombas manuais que puxam água para consumo doméstico e dos animais na região circundante tiravam dos poços água amarelo-esverdeada. Tem-se conhecimento de que as pessoas e os animais que consomem esta água sofriam de problemas de saúde graves. Foi efectuada uma análise química detalhada da água subterrânea pouco profunda puxada por bombas manuais e, entre outras constatações, foram descobertas fortes concentrações de níquel, crómio, cobre e cianeto (Handa et al, 1983).

Conta-se muitas vezes com os solos e as rochas para processar efluentes industriais pela filtração de reacções químicas. Contudo, não se pode assumir que isto seja universal, dependendo tanto da constituição do efluente, do solo e da rocha, sua textura, componente orgânica e de argila, pH, mineralogia, capacidade de redox e bio-química, como da profundidade da camada não saturada (que varia de estação para estação).

A libertação accidental de produtos químicos constitui uma ameaça crescente, particularmente com o crescimento das indústrias do mundo em desenvolvimento para níveis mais elevados. O exemplo de Bophal constitui um extremo do espectro. O outro extremo é representado pelos milhares de armazens de gasolina, combustível e outros hidrocarbonos tóxicos que se encontram na maior parte das pequenas cidades. Muitos destes armazens foram construídos sem linhas de orientação efectiva de planificação ou sem a devida supervisão. As rupturas destes tanques, que são muitas vezes evacuadas para o chão, podem acarretar consequências graves para os aquíferos regionais (Foster et al, 1987). Os procedimentos de segurança inadequados, os erros cometidos por pessoal não qualificado, a utilização de tecnologias impróprias e a falta de manutenção das instalações constituem todos factores de alto risco. Os riscos multiplicam-se em zonas propícias para calamidades naturais, tais como tremores de terra ou desabamento de terras.

Enquanto que acontecimentos acidentais no mundo desenvolvido se encontram devidamente documentados nos meios de comunicação e que as instalações ou práticas perigosas são controladas e protestadas por grupos de interesse locais, tais actividades de supervisão encontram-se sub-desenvolvidas noutros locais. Não existe documentação suficiente por país sobre o que poderia acontecer e o que já aconteceu e qual foi o efeito no ambiente aquático. Contudo, os efeitos conhecidos da poluição industrial propositada e acidental são a presença de uma quantidade crescente de produtos químicos tóxicos no abastecimento de água subterrânea e de superfície, a deterioração da qualidade estética dos locais de abastecimento de água e o surgimento de problemas de saúde no seio das comunidades utentes, nomeadamente doenças da pele, úlceras, cancro e defeitos de nascimento. Não existem dados suficientes para quantificar a escala do problema e do papel desempenhado pelos desperdícios das diferentes indústrias. Existem, porém, dados que comprovam que as indústrias de pequena escala que processam produtos agrícolas estão a contribuir significativamente para a poluição da água e não possuem a tecnologia nem os meios financeiros para modernizarem o seu processo de produção e para reduzirem a poluição.

4.3 Uso de pesticidas, fertilizantes e outros poluentes químicos na agricultura

Existem dois tipos de poluição causados por pesticidas e fertilizantes: poluição concentrada em um ponto e poluição dispersa. A poluição concentrada refere-se ao descarregamento concentrado de produtos químicos na fonte de água a partir de um local distante como, por exemplo, um lugar de armazenagem, ao despejo directo de agentes poluidores na água ou à pulverização da própria água. A poluição que não é concentrada ocorre devido ao influxo gradual de pequenas quantidades de produtos químicos na fonte de água, por exemplo a partir de plantações, irrigadas. Ao longo do tempo, os produtos químicos escorrem para a água de superfície e a penetração de produtos químicos na água subterrânea dá origem ao aumento gradual das concentrações de agentes de contaminação até constituírem níveis tóxicos.

Um exemplo de um problema de poluição concentrada é o despejo e armazenagem de pesticidas pelos agricultores. Na província de Chaing Mai, na Tailândia, os aldeões das zonas rurais tiram água dos canais de irrigação a jusante dos locais onde se utilizam pesticidas com regularidade (Perry and Dixon, 1986). O vazamento dos recipientes que contêm pesticidas ou dos sacos com fertilizantes causam a contaminação quer da água de superfície, quer da subterrânea. Um tipo semelhante de poluição das fontes de água é sentido nos locais (Ngainayo, 1986) onde existem covas sem qualquer protecção, onde os recipientes contendo produtos químicos e os tanques selados de óleo e gasolina são armazenados (Myhrstad and Haldorsen, 1984).

Os pesticidas são também utilizados no controlo de doenças relacionadas com a água, como é o caso da malária, bilharziose e oncocerciasis. Os efeitos destes pesticidas nas pessoas que bebem a água das fontes tratadas por este meio têm merecido pouca atenção até agora. A oncocerciasis tem sido controlada em muitos países através da erradicação do vector da mosca dos cursos de água, recorrendo-se à utilização de DDT. O controlo do vector da malária, provocada pelo mosquito Anopheles, é feito através da pulverização de uma película de insecticida nos bordos das lagoas e lagos (Khamala, 1977). Prevê-se que estes insecticidas afectem a saúde dos utentes

da água a jusante (de Koning, 1987. OMS, 1968, OMS, 1985b). Na Tanzania, os pesticidas - em particular o DDT - são pulverizados directamente para as fontes de água para controlar os vectores de insectos que nascem na água. O sulfato de cobre é usado no controlo da bilharziose nos canais e valas de irrigação da cana do açúcar e outras grandes plantações. Estas fontes são usadas pelas pequenas comunidades (Ghebtsawi-Tsighe, 1990).

Na Área de Munuki, Juba, um estudo do Conselho Sudanês das Igrejas (1986) constatou que os problemas de poluição da água subterrânea por matérias fecais devido à construção precária e má localização das latrinas eram ainda mais agravados pelo facto de 23% das famílias despejarem regularmente pesticidas nas suas latrinas para protegerem-nas contra a incubação de moscas e mosquitos. O pesticida usado mais predominantemente era o DDT, com algumas famílias a utilizarem Gammatox. Os dois furos e três poços usados pelos aldeões foram testados e apresentam indícios de níveis de pesticidas na água subterrânea que excediam em 6 a 50 vezes o limite estabelecido pela OMS em relação ao DDT. O uso do DDT havia sido oficialmente banido do Sudão em 1980, mas parece que os aldeões ainda possuem certas quantidades armazenadas ou abastecem-se nos funcionários locais ou têm a possibilidade de adquiri-los.

Embora não se tenha detectado amplamente a poluição nos sistemas de abastecimento de água dos países em vias de desenvolvimento, ela só pode estar a aumentar de intensidade. A utilização de fertilizantes e de pesticidas está a crescer. Na Guatemala, o uso impróprio de concentrados químicos por pequenos agricultores provoca a contaminação da água local (Hoy and Belisle, 1984). A pulverização levada a cabo por avionetas era comum nas plantações de banana de Urabá, ao Norte da Colômbia. A água de superfície era canalizada aos utentes sem tratamento (Heynen, 1981). O Banco Asiático do Desenvolvimento publicou um manual sobre o uso de pesticidas na região da Ásia-Pacífico (1987). Este manual aborda especificamente a contaminação das fontes locais de abastecimento de água a partir dos campos de arroz onde se aplicaram pesticidas, que penetraram na água subterrânea. Por exemplo, no Sri-Lanka, os poços de água potável situam-se muitas vezes próximo dos campos agrícolas, sendo alto o potencial para a poluição por pesticidas neste local e no aquífero regional (Boot, comunicação pessoal, 1989). Na Tailândia, grande parte da população rural abastece-se de água nos canais de irrigação (Chainarong, 1977), embora estes contenham concentrações elevadas de fertilizantes e pesticidas.

A ameaça crescente dos pesticidas constitui uma preocupação da OMS. Estudos levados a cabo na área da Saúde indicaram que o aumento do nível de pesticidas no meio ambiente pode dar origem a situações como o aparecimento de DDT no leite das mulheres que amamentam (OMS, 1985b). Com o aumento do uso de pesticidas, a concentração de substâncias carcinogénicas no abastecimento de água e na cadeia alimentar também aumentará (de Koning, 1987). Embora exista literatura e dados consideráveis sobre esta matéria e outras fontes de poluição ambiental (ver as referências em de Koning, 1987 e OMS, 1985b), em muitos países em vias de desenvolvimento este continua ainda a ser um problema desconhecido devido ao facto de se realizarem poucas acções de monitoramento. Uma preocupação contínua é que muitos pesticidas banidos no mundo desenvolvido ainda são exportados e usados extensivamente nos países em vias de desenvolvimento (UNIDO, 1983), muitas vezes de uma forma descontrolada (OMS, 1985c. Copplestone, 1985).

4.4 Descarga de esgotos

A situação prevalecente nos países em vias de desenvolvimento no que diz respeito ao tratamento dos esgotos é de que, neste momento, uma grande percentagem das águas negras vai directamente para as fontes de água, sem que seja submetida a qualquer tipo de tratamento. Apenas poucos países possuem condições primárias de tratamento para a remoção de cerca de 40-50% da carga orgânica (BOD) e somente poucos usam qualquer processo secundário de tratamento para a remoção de mais de 80% do BOD (Laugeri and Hespagnol, 1990). Muitos centros urbanos e grandes cidades não possuem instalações destinadas a tratamento, ou então estas são antiquadas ou com uma má manutenção. O CEPIS (1989) calcula que na América Central e do Sul 50% da população urbana não tem acesso a sistemas de esgotos e que mais de 90% da água dos esgotos recolhida pelos que o fazem ainda é despejada em cursos de água sem qualquer tratamento prévio.

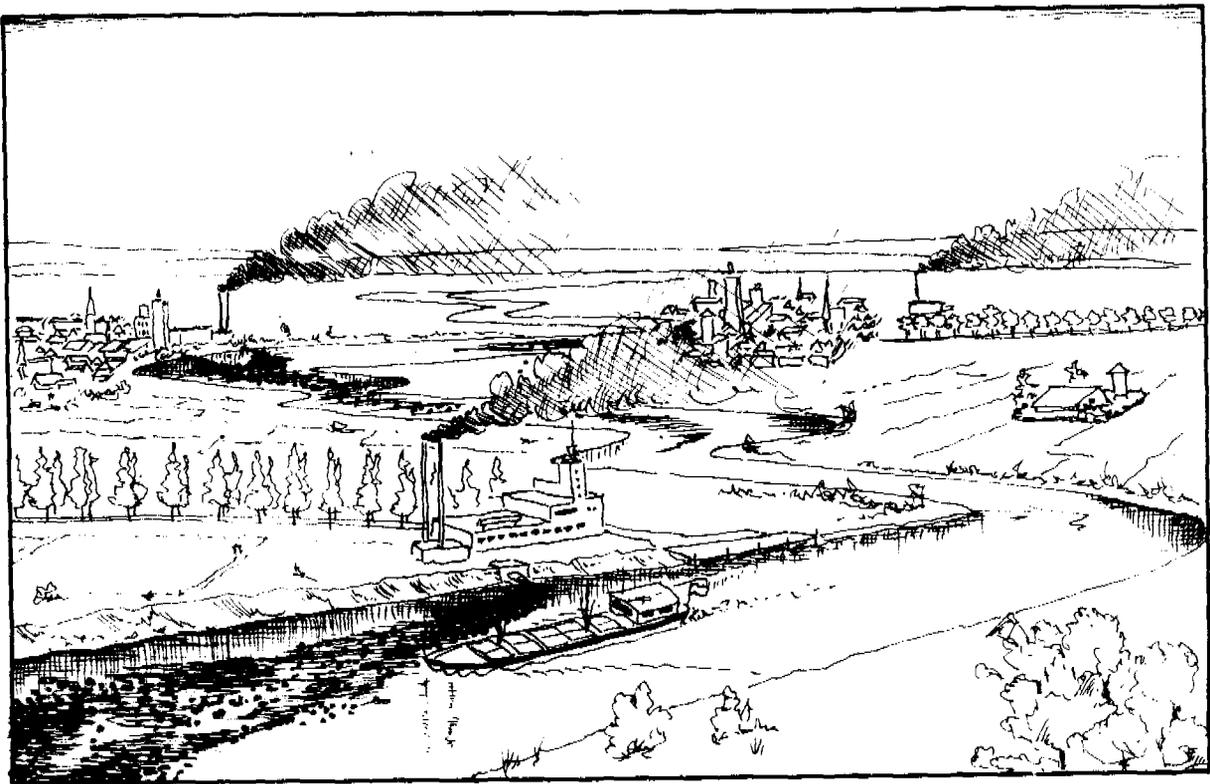


Figura 7. *Mais de 90% dos esgotos são descarregados sem tratamento*

Os utentes de águas de rio a jusante de Bogotá, Colômbia, devem fazer face a enormes concentrações de coliformes fecais resultantes da descarga de esgotos não tratados na água (UNEP, 1986). A cidade instalou canais de esgotos na zona urbana, mas estes correm directamente para o rio Bogotá sem que tenham sido previamente tratados. Entre outras utilizações, a água é tirada do rio fortemente poluído para a irrigação de culturas de rendimento, o que dá origem a consequências graves na saúde dos consumidores desprevenidos (Okun, 1990). A descarga intencional de esgotos naturais nos cursos de água dos diferentes países é uma característica comum no mundo em desenvolvimento, assim como também o é numa série de países europeus que contam com o efeito diluente dos estuários dos grandes rios e do mar.

Na Guatemala, a contaminação da água resultante do despejo de esgotos nos cursos de água neste país constitui um problema importante, nomeadamente a contaminação dos locais de abastecimento de água situados nos assentamentos populacionais locais que não possuem condições de tratamento (Hoy and Belisle, 1984). Na Tanzania, as estações de tratamento dos esgotos de todas as principais cidades, à excepção de Morogoro e Dodoma, não conseguem produzir efluentes seguros aceitáveis principalmente devido à falta de uma operação e manutenção adequada dos sistemas (Ghebtsawi-Tsighe, 1990). Este tipo de situação repete-se em muitos países de África e da Ásia. Este problema é mais grave para os utentes a jusante quando o tratamento da água não é viável ou é demasiado dispendioso e quando não existem fontes alternativas.

Uma forma em que os utentes estão expostos à água dos esgotos é nos casos em que as comunidades se encontram situadas próximo das zonas onde os esgotos se espalham e em que os seus sistemas de abastecimento de água podem ser directamente contaminados. Chauhan et al (1984) estudou a poluição da água subterrânea através da irrigação a partir da água dos esgotos proveniente de uma estação de tratamento para um solo arenoso com um índice elevado de permeabilidade. A infiltração da água dos tanques dos esgotos poluiu a água subterrânea local, tornando-a dura e salobra. Procedeu-se à análise da água colhida de cinco poços na zona irrigada e dezenove poços fora desta área. A maior parte dos poços eram poços abertos sem cobertura. Os quatro poços pouco profundos aqui situados indicavam níveis elevados de sólidos dissolvidos, dureza muito elevada, coliformes, coliformes fecais e estreptococos fecais (até 9.000 MPN por 100 ml de coliformes fecais). As concentrações de nitratos e nitritos correspondiam aos limites permissíveis na Índia. O quinto furo apresentava uma contaminação insignificante devido ao efeito de filtração do solo. À medida que a distância da zona irrigada aumentava, a quantidade de bactérias e de sólidos dissolvidos diminuía, indicando que a poluição é basicamente consequência da impregnação de águas negras e não da contaminação directa causada pelos utentes.

Tal como em muitos rios indianos, o facto de se exceder a capacidade de assimilação, aliado à grande frequência de contacto entre as comunidades ribeirinhas e os peregrinos que tomam banhos rituais constitui um problema de saúde importante.

Ao longo de cada quilómetro do rio Ganges em Uttar Pradesh, Bihar e Bengala Ocidental, as cidades e vilas utilizam o rio como canal de esgotos. Uma investigação levada a cabo pelo Departamento Central para a Prevenção e Controlo da Poluição da Água indicou que nenhuma das grandes cidades e vilas possui uma estação de tratamento de esgotos, embora a maior parte delas tenham condições parciais de esgotos. Ao todo, 48 cidades da classe I e 66 cidades da classe II despejam diariamente esgotos não tratados para o rio. Em Kampur, o rio Ganges recebe uma parte enorme de esgotos provenientes de três canais (Jajmau, Guptar and Sisamau) de 147 milhões de toneladas de sólidos suspensos por dia (Chattopadhyaya et al, 1984); a quantidade média de bactérias E. Coli indica que a água constituía uma fonte potencial de doenças entéricas para os aldeões que consomem esta água a jusante. Esgotos misturados com desperdícios industriais, cadáveres meio queimados, solo solto devido à erosão, fertilizantes, pesticidas e banhistas religiosos em massa produzem uma mistura nada saudável de contaminação (Sinnarkar et al, 1987). A poluição é mais grave durante o verão, altura em que o fluxo da água é reduzido. O resultado dos banhos em Varanasi é um crescimento enorme de bactérias e fungos patogénicos (Tripathi and Sikandar, 1981). A água é imprópria para contacto com o corpo, muito menos para beber. Contudo, durante os períodos de crise, a água do Ganges é usada por grandes comunidades sem qualquer tratamento apropriado, expondo os consumidores a densidades de coliformes fecais de mais de 20.000 MPN (Ram Bilas et al, 1981). É usada regularmente por pequenas comunidades ribeirinhas.

4.5 Extração excessiva de lençóis de água

Em praticamente todos os países em vias de desenvolvimento verificam-se exemplos de problemas, a longo prazo, de esgotamento da água subterrânea devido à falta de controlo sobre a bombagem privada como resultado de uma legislação ineficaz ou mal executada (Bosscher, comunicação pessoal de 1989). Existem exemplos claros de níveis decrescentes de água subterrânea no Paquistão (Bosscher, 1990) e no Yemen (van der Gun, 1986, 1987), bem como numa série de diferentes estados na Índia, nomeadamente Gujerat (Shukla, 1984), Maharashtra, Karnataka e Andhra Pradesh (Bandyopadhyay, 1987). Em Baluchistan, os níveis de água subterrânea têm estado a diminuir em 26 cm por ano desde a década de 60 (Bosscher, 1990). Nota-se que o uso excessivo das terras para pastos nas encostas das colinas e a extração intensiva da água subterrânea por bombas subterrâneas para a irrigação dos vales reduziram os níveis de recarregamento. Apenas os furos profundos pertencentes às famílias ricas possuem água neste momento.

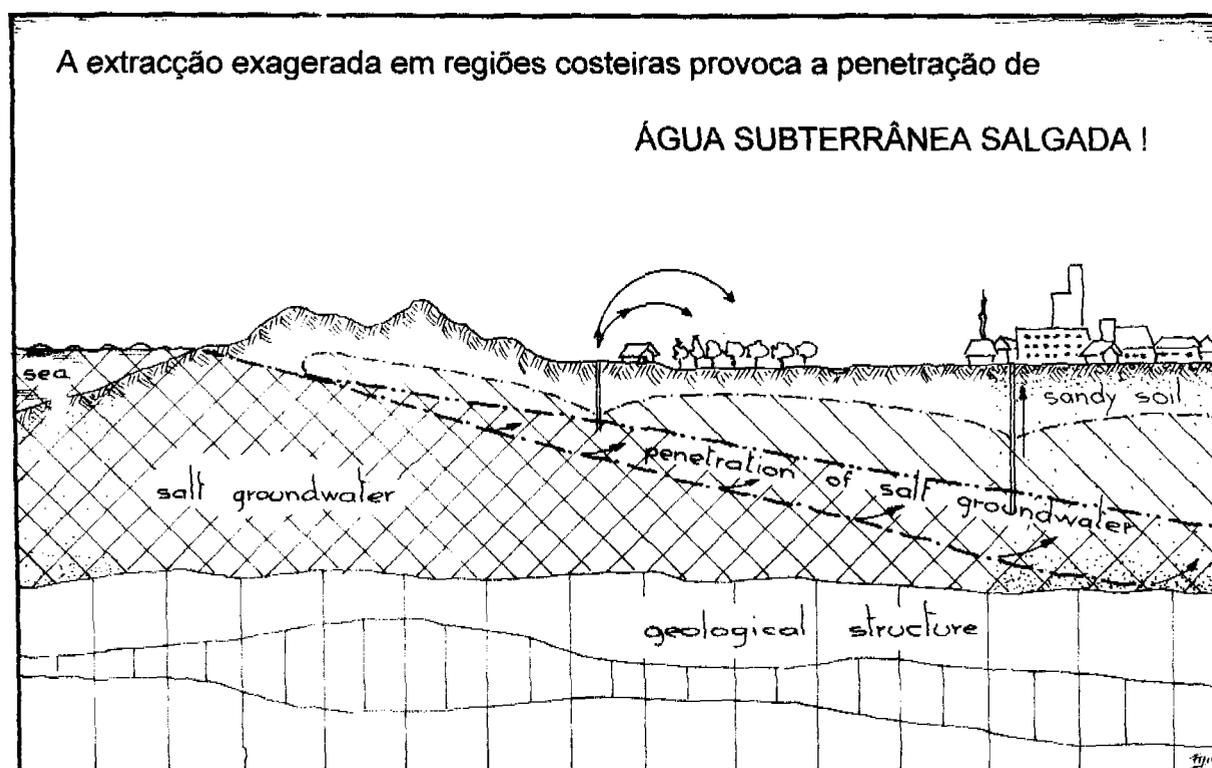
Até recentemente, nos planaltos do Yemen o uso de água subterrânea era restringido devido a limitações de ordem tecnológica, mas a introdução de instrumentos de perfuração e bombas eléctricas deram lugar a mudanças drásticas num curto espaço de tempo (van der Gun, 1986). Desde os anos 60, o número de poços aumentou para cerca de 10.000, com os níveis de bombagem calculados em várias centenas de milhões de metros cúbicos anualmente. O monitoramento da Planície de Sana'a indicou que os níveis de água subterrânea decresceram em 20 metros em dez anos (Charalambous, 1982). Constatou-se um nível de declínio quase igual na Planície de Sadah (van der Gun, 1985). O nível de recarregamento natural de água subterrânea em Sadah está calculado em um milhão de metros cúbicos/ano, enquanto que, até 1983, a extração da água subterrânea através de poços perfurados e bombas a diesel introduzidos recentemente era de aproximadamente cinquenta e sete milhões de metros cúbicos/ano. Esta extração de água subterrânea constitui uma séria ameaça à quantidade, segurança no abastecimento e custo da água no futuro. O abastecimento público da água está a tornar-se cada vez mais difícil. A viabilidade da agricultura irrigada por meio da água subterrânea está a reduzir-se gradualmente e as fontes de água poderão, finalmente, esgotar-se. Uma vez que não existe nenhum potencial para o recarregamento artificial dos aquíferos devido à falta de recursos de água de superfície, a única estratégia viável para a preservação dos recursos de água subterrânea nos Planaltos do Yemen é reduzir e controlar os níveis de extração de água subterrânea. Embora se concorde que será extremamente difícil gerir esta medida, ela é essencial (van der Gun, 1986).

O problema da extração excessiva da água subterrânea afecta a todos os utentes mas, em especial, às pequenas comunidades que dependem dos poços pouco profundos de baixo custo com bombas manuais. As causas podem ser várias:

- * falta de dados sobre o potencial e recarregamento do caudal a partir dos quais se possa definir níveis sustentáveis de extração e que possam ser usados na planificação;
- * uso descontrolado e insustentável, aliado à inexistência de regulamentos;
- * implementação ineficaz e inadequada de legislação com vista a manter uma extração sustentável;
- * inexistência de estratégias de reciclagem e conservação da água como instrumento para o controlo da poluição e de aumento de uso eficiente;

- * escassez de recursos alternativos de água de superfície adequados, parcialmente devido à poluição destas mesmas fontes pelos desperdícios industriais e municipais;
- * inexistência de um programa efectivo de recarregamento artificial em grande escala;
- * falta de políticas integradas de gestão dos recursos hídricos.

O resultado desta situação é que muitos dos sistemas de Operação e Manutenção ao Nível das Aldeias (Village Level Operation and Maintenance -VLOM) das bombas manuais e dos poços pouco profundos não são sustentáveis. Muitos poços secaram. Nos casos em que a redução do nível do lençol freático por baixo dos poços é um acontecimento sazonal, a fiabilidade dos recursos hídricos é gravemente afectada pelos grupos de utentes que dependem da água subterrânea pouco profunda. O desenvolvimento e a promoção de opções de tecnologias de baixo custo para o abastecimento de água e os sistemas de manutenção baseados na comunidade tornam-se ineficazes devido à redução geral do nível do lençol freático (DANIDA, 1988).



Legenda:

sea	- mar
sandy soil	- solo arenoso
penetration of salt groundwater	- penetração de água subterrânea salgada
salt groundwater	- água subterrânea salgada
geological structure	- estrutura geológica

Figura 8. A extracção intensiva dos aquíferos de água doce adjacentes às fontes de água salgada provoca a intrusão de água salgada

A Índia investiu grandemente na tecnologia de bombas manuais de baixo custo VLOM como forma importante de atingir as metas definidas para a Década Internacional de Água Potável e de abastecer a sua população com água potável. Tradicionalmente, a água subterrânea tem sido a principal fonte de água potável em quase todas as suas zonas rurais. Nas últimas décadas, ela tem sido substancialmente explorada para fins de irrigação com base no apoio financeiro prestado para a instalação de bombas motorizadas. Estas estão a criar escassez de água para os camponeses pobres por reduzirem fortemente o nível do lençol freático a um ponto tal que os seus poços pouco profundos não conseguem atingi-lo. Muitas das bombas VLOM não estão em condições de puxar água de profundidades maiores. Este é o caso das zonas com rocha dura em Maharastra, Karnataka e Andhra Pradesh. O esgotamento dos aquíferos pouco profundos faz com que os poços cavados manualmente sequem durante parte do ano e que os tanques de armazenamento sejam menos eficazes. Aponta-se a fraca pluviosidade como sendo a causa desta situação, mas existem dados que comprovam que é a exploração excessiva, e não a mudança climática, que é causadora deste problema. Maharastra constitui um exemplo do problema em que o cultivo de cana do açúcar criou problemas graves. As fábricas de processamento investiram em furos profundos. Daí resultou o esgotamento rápido da água subterrânea nos dois anos que se seguiram a 1985, o que fez com que o número de aldeias sem uma fonte de abastecimento de água permanente aumentasse de 1.800 para 23.000 (Bandyopadhyay, 1987). Todos os poços pouco profundos públicos e privados secaram. A Comissão Indiana de Planificação dos Recursos de Água Subterrânea calculou que o total da água subterrânea disponível em todo o país teria sido canalizada até 1989 e que seria necessário elevar os níveis de recarregamento.

A extracção insustentável da água subterrânea pode também criar problemas de qualidade quando se trate de aquíferos costeiros. Um problema frequentemente constatado é a intrusão de água salina ou salobra. Este caso ocorre em duas situações hidro-geológicas principais:

- * nas zonas costeiras e nos deltas dos rios onde as reservas de água doce e de água salgada se encontram adjacentes uma à outra. A extracção intensiva dos aquíferos de água doce dá origem à intrusão de água salgada proveniente da fonte adjacente. Este é um problema particularmente grave na zona costeira do Estado de Gujarat na Índia (Vos, comunicação pessoal, 1989; Shukla, 1984).
- * nos complexos geológicos com camadas horizontais de água doce e salgada em diferentes estratos sedimentários. Fazer penetrar um furo ou poço profundo no aquífero de água doce pode perturbar o equilíbrio existente entre as duas camadas e causar a mistura vertical, uma vez que a água salina é forçada a deslocar-se para cima devido à pressão hidráulica de cima para baixo do nível do lençol freático mais elevado em ambos os lados.

Os problemas de intrusão salina foram discutidos exaustivamente tanto em relação aos países desenvolvidos como os em vias de desenvolvimento nas reuniões do Grupo de Intrusão de Água Salgada organizadas como parte do Programa Internacional Hidrológico (de Breuck, 1983), a partir do qual se pode obter uma fonte exaustiva de referências. As experiências de gestão dos aquíferos costeiros nos Países Baixos aplicam-se geralmente a problemas sentidos nas zonas

costeiras de países em vias de desenvolvimento, tais como a Tailândia e a Indonésia (Kop, comunicação pessoal, 1989).

Ao longo da região costeira de Saurashtra no Estado de Gujarat, a mudança para a bombagem mecanizada da água subterrânea provocou uma redução do nível do lençol freático de 10 para 35 metros e a intrusão de água salina devido à inversão do gradiente hidráulico (Shukla, 1984). Recorreu-se ao aumento da extracção a partir de poços perfurados mais profundos para a irrigação e processamento da cana do açúcar. A consequência desta situação foi a redução da qualidade da água quer para as comunidades rurais quer para as urbanas que dependiam dos poços pouco profundos cavados manualmente. Calcula-se que mais de 12.000 tenham ficado fora de uso, afectando 280.000 pessoas.

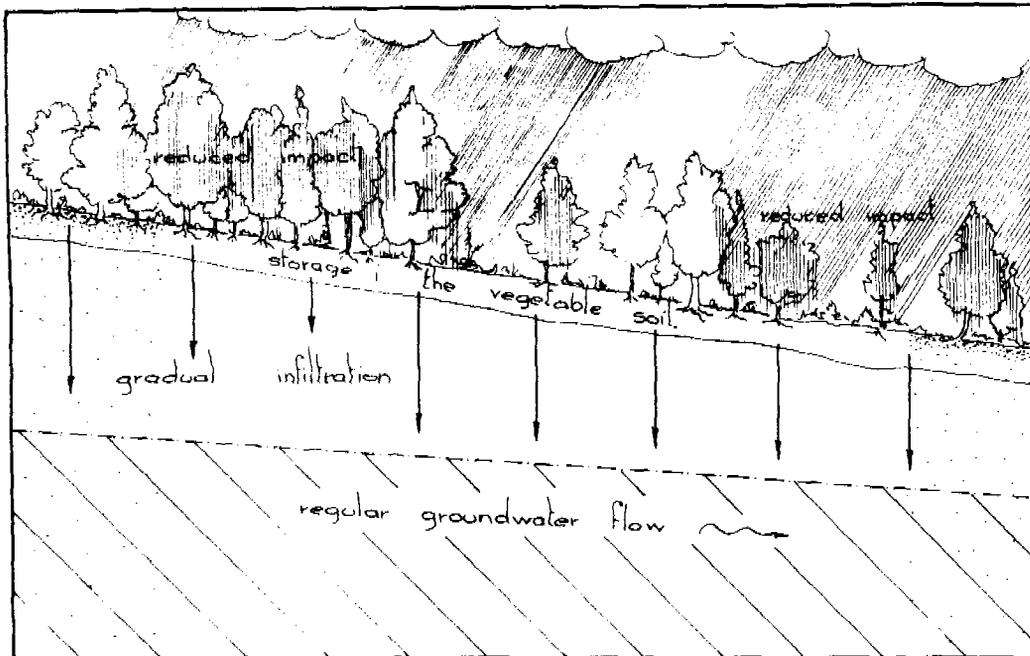
Uma causa da extracção insustentável da água subterrânea costeira é a incapacidade de se conseguir um recarregamento reduzido no interior. Os sistemas podem ter sido concebidos para funcionar até a um determinado nível de caudal, com base em testes de bombagem históricos. Contudo, com a redução do recarregamento no interior devido ao desflorestamento, pode ocorrer o esgotamento dos recursos uma vez que os níveis actuais de bombagem não são sustentáveis. Os gradientes hidráulicos são invertidos e a água do mar corre para o aquífero de água doce.

Um outro problema importante ligado ao esgotamento da água subterrânea ocorre quando grandes zonas urbanas extraem água de aquíferos altamente porosos, verificando-se a sedimentação porque os poros do solo se fecham. A cidade de Bangkok constitui um exemplo claro deste problema.

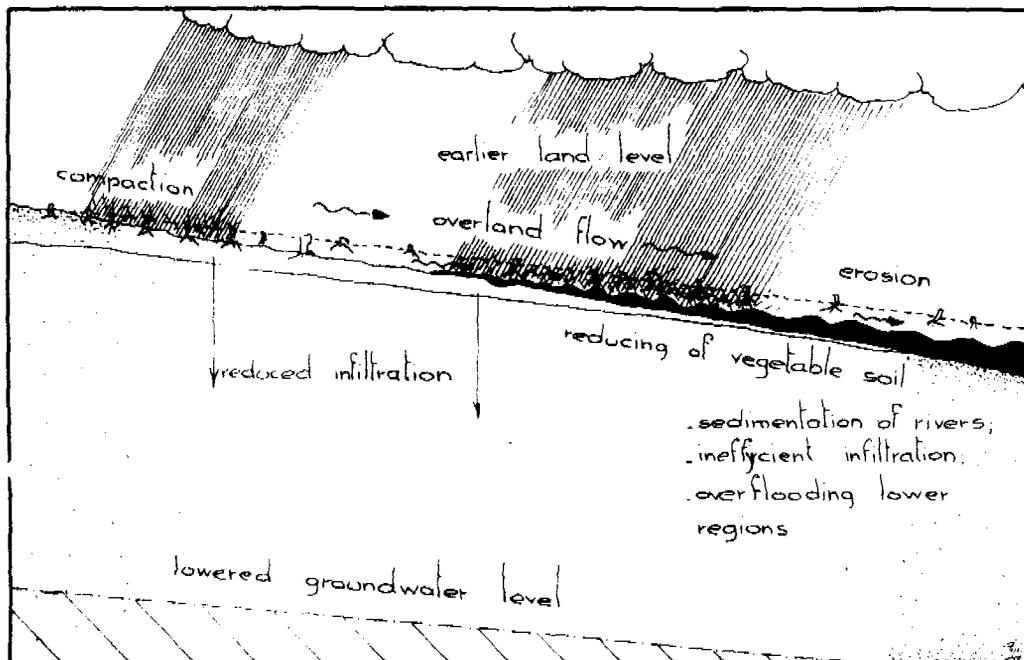
O esgotamento e contaminação da água subterrânea à volta das concentrações urbanas de Bangkok continuam a um ritmo alarmante, com os níveis dos lençóis freáticos a baixarem 10-12 metros em três anos desde 1985 (Nair, 1988). Com muitos dos milhares de poços perfurados na metrópole e nas províncias à sua volta, não existem registos dos níveis de bombagem. Porém, prevê-se que se extraia mais de 1 milhão de metros cúbicos de água por dia (UNEP, sem data). O custo da bombagem está a aumentar rapidamente. O efeito ambiental tem sido maior do que apenas o esgotamento dos recursos hídricos. As terras desmoronam-se em grande escala dando origem à inundações dos sistemas de esgotos e de drenagem aquando das marés altas. Os tubos estão a quebrar-se e os desperdícios industriais e domésticos escorrem até aos aquíferos a partir destas diferentes fontes. A intrusão da água do mar constitui uma ameaça grave à qualidade da água, provocando o abandono de milhares de poços pouco profundos e a sua substituição por poços profundos. O nível de intrusão varia de 100 a 200 metros para o interior por ano. As concentrações de cloreto em poços municipais aumentaram cinco vezes até 1.000-1.250 mg/l.

4.6 Mudanças no uso da terra em grandes áreas de captação das fontes

O desflorestamento e a erosão estão a aumentar em muitos países em vias de desenvolvimento a um ritmo acelerado. Com o desbravamento das florestas, a água corre livremente pelas encostas, transportando consigo solo valioso e provocando inundações em zonas mais baixas. Os poços estão a secar cada vez mais durante a época seca porque menores quantidades de água foram retidas no solo para se filtrarem para os lençóis freáticos (ver Figura 9). O aumento populacional força a população das zonas rurais a desbravar mais florestas à volta das suas plantações. Os grandes interesses orientados para as plantações em grande escala contribuem para este problema por desbravarem grandes extensões de terra próximo das captações.



Antes do desflorestamento



Depois do desflorestamento

Legenda:

reduced impact	- impacto reduzido	erosion	- erosão
storage in the vegetable soil	- armazenagem no solo vegetal	reducing of vegetable soil	- redução do solo vegetal
gradual infiltration	- infiltração gradual	reduced infiltration	- redução da infiltração
regular groundwater flow	- fluxo regular da água subterrânea	sedimentation of rivers	- sedimentação dos rios
compaction	- compactação	inefficient infiltration	- infiltração ineficaz
earlier land level	- nível anterior da terra	overflowing lower regions	- inundação excessiva de regiões mais baixas
overland flow	- fluxo por cima da terra	lowered groundwater level	- nível relaxado de água subterrânea

Figura 9. Os efeitos do desflorestamento

Na Ilha de Madagáscar, o abate comercial das florestas tropicais fez com que os rios e riachos perenes se tornassem sazonais. Este facto afectou a produção do arroz, tornando a Ilha dependente das importações desta cultura alimentar. Na Índia, o desflorestamento e a erosão do solo provocam o desaparecimento de pontos de água, abaixamento do nível de água subterrânea, inundações e redução do fluxo na época seca (Das and Pandey, 1989). Na Guatemala, o desflorestamento em grande escala causou a erosão e degradação do solo. Os solos não conseguem reter a água, causando inundações rápidas e o posterior esgotamento da água subterrânea e dos níveis de água de superfície na estação seca (Hoy and Belisle, 1984). Em Uttar Pradesh, existe uma ameaça crescente de escassez de água nas aldeias da região dos Himalaias. Enquanto que as chuvas das monções caem e inundam as planícies situadas mais em baixo em consequência da destruição das florestas, regista-se uma escassez de água em períodos após as monções porque as nascentes secam devido aos níveis mais baixos de água subterrânea e os riachos perenes tornam-se sazonais (Bandyopadhyay and Shiva, 1988). A conversão das reservas florestais em plantações de mono-culturas teve o seu grande impacto (Bandyopadhyay, 1987). A experiência indiana demonstra claramente que a perturbação dos ciclos de água pode dar origem à perda de um recurso natural renovável. O mesmo caso aplica-se à África. Na Tanzânia, a produção de tabaco nas regiões de Iringa e Tabara provoca o desflorestamento de vastas savanas pelos pequenos proprietários que praticam o cultivo rotativo para evitar a infestação de nematóides (Mgeni, 1988). Esta situação altera o regime hidrológico, provocando a exacerbação da escassez de água durante a época seca.

Os efeitos do desflorestamento são agravados pelos pastos excessivos, degradação do solo e construção de aglomerados habitacionais. Estes factores contribuem para a erosão do solo porque enfraquecem a sua estrutura física, expondo a superfície ao impacto directo das gotas de água das chuvas e reduzindo a resistência do fluxo na superfície da terra, causando uma inundação mais rápida dos riachos e rios.

A prática de pastos excessivos ocorre muitas vezes nas proximidades de fontes melhoradas de água, uma vez que mais pessoas podem ser abastecidas pela fonte existente, pelo que elas se mudam para tal região. Este é o caso do Sudão, onde poços profundos abastecem água à população e ao gado. Para além disso, a disponibilidade de uma fonte de água mais segura e conveniente permite aos utentes (em especial às mulheres) ter mais tempo para expandirem as suas actividades agrícolas, aumentando também a procura de lenha e de terra para fins agrícolas (Boot, comunicação pessoal, 1989).

A urbanização pode provocar mudanças significativas no fluxo a jusante dos rios e riachos. A degradação do solo cria uma superfície fortemente impermeável, criando assim rápidos canais de drenagem por onde corre a água das chuvas, alterando os padrões naturais de queda de chuvas. Menor quantidade de água infiltra-se no solo. Os utentes a jusante têm maior probabilidade de sofrer fortes inundações, seguidas de uma fraca retenção da água de superfície, bem como a redução dos caudais de água subterrânea. A construção de barragens e as obras que têm lugar nos rios também alteram o regime dos rios e dos lagos, reduzindo ou aumentando os níveis dos lençóis freáticos em intervalos diferentes. A consequência da redução dos níveis dos lençóis freáticos é que o acesso à água de superfície por gravidade se torna difícil, as fontes secam e os utentes das margens dos rios sentem maiores dificuldades em tirar água.

Os efeitos do desflorestamento e da degradação do solo são mais intensamente sentidos em zonas semi-áridas e áridas. Eles limitam fortemente a fiabilidade das fontes de água subterrânea e de água de superfície em grandes zonas geográficas, aumentando o peso em termos de tempo e de energia para as mulheres que vão buscar água e lenha para a família. O grau limitado de fiabilidade das fontes está a tornar-se mais óbvio nas zonas onde se regista um rápido crescimento populacional. Este problema é particularmente grave no que diz respeito aos aquíferos locais que recebem apenas um recarregamento limitado e que funcionam como tanques de armazenagem subterrânea temporários.

Os efeitos das inundações sazonais são muitas vezes desastrosos. Este facto pode ter um efeito directo na fiabilidade do abastecimento de água e na qualidade da mesma. As inundações podem poluir as fontes de água de superfície e subterrânea e podem, também, constituir um risco à saúde. Este fenómeno foi registado no Bangladesh após as inundações de 1988. Os danos podem ter um efeito instantâneo e desastroso sobre o abastecimento de água de superfície por destruírem as represas de armazenagem cuja função seria armazenar a água destinada a abastecer as populações na época seca. Este é um problema mais comum no que diz respeito às represas de terra existentes nos climas áridos ou de monção. As represas são normalmente construídas de modo a aguentarem com as forças de uma possível inundação que se prevê que possa ocorrer, por exemplo, de dez em dez anos ou de vinte cinco em vinte cinco anos. A mudança das condições da captação através do desflorestamento e da erosão do solo pode intensificar o fluxo na altura do pico e conduzir à destruição mais frequente das represas.

A redução da cobertura de vegetação tem implicações para as fontes de água através do seu efeito na degradação do solo, erosão e conseqüente acumulação de depósitos sedimentares. A elevação dos níveis de turbidez provoca uma redução da capacidade do reservatório, uma vez que os sedimentos se acumulam na água armazenada atrás de pequenas ou grandes represas, conforme ilustrado no Gana (de Jager, 1989). O tratamento da água torna-se mais difícil e mais dispendioso. Calcula-se que a erosão do solo em partes de África durante os anos setenta se tenha situado entre as 600 e 1.500 toneladas por hectare por ano (Edwards, 1977). Certamente que hoje continua a constituir um problema. A quebra na capacidade de armazenagem reduz a segurança da fonte de água, o que faz com que os poços sejam mais propensos a secarem.

5. *Experiência em Melhor Gestão dos Recursos Hídricos*

5.1 **Avaliação de Riscos**

As estratégias de avaliação de riscos estão a merecer cada vez maior atenção dos planificadores de pequenos sistemas comunitários de abastecimento de água. Reconhece-se que a qualidade da água pode ser garantida de forma mais eficiente quando se evita o risco de contaminação por desperdícios humanos, produtos agro-químicos, fezes de animais domésticos e descargas industriais (Hubbs, 1985). Este facto reveste-se de particular importância nas zonas rurais onde é preferível minimizar a necessidade de tratamento da água (Okun and Ernst, 1987). A avaliação do risco de problemas da fonte requer um conhecimento das possíveis causas de tais problemas nas condições locais da fonte e da área de captação.

A avaliação dos riscos é feita, de preferência, na fase de planificação de um desenvolvimento do sistema de abastecimento de água em que os objectivos são a selecção dos locais com o factor de risco mais baixo e planear acções de prevenção. A experiência foi analisada em três áreas principais até à data: selecção da fonte e do local, protecção da captação e estudo sanitário.

Seleção da fonte e entradas da localização

A experiência no terreno demonstra que uma correcta selecção da fonte e localização das entradas contribuem para a segurança do sistema de abastecimento de água. Foram elaborados vários manuais para a concepção de sistemas de abastecimento de água por gravidade, que incluem procedimentos básicos para a selecção da fonte e localização das entradas (por exemplo, Archanbault et al, 1987; Jordan, 1980). Estes procedimentos concentram-se, muitas vezes, na definição de uma fonte de caudal seguro ou na concepção de estruturas de entrada, e não em riscos presentes e futuros a serem evitados. A utilização sustentável de fontes requer a selecção do local e da fonte que permita uma posterior protecção da fonte e da zona de captação (Sundaresan et al, 1982). Lloyd (1982) sublinha os factores ambientais que afectam as fontes e recomenda o procedimento que se segue para a selecção das fontes de água de superfície:

- * levar a água o mais próximo possível da bacia hidrográfica;
- * escolher fontes com captações o menos densamente povoadas possível;
- * escolher fontes de abastecimento que produzem água de baixo índice de turbidez;
- * inspeccionar frequentemente as áreas de captação para a identificação de fontes de poluição; e
- * evitar a realização de actividades que possam poluir os locais situados a montante.

As orientações temporárias de base sobre a água da Tanzania (Sechu, 1986) indicam que as entradas dos rios devem ser construídas a montante das aldeias e indústrias e a entrada deve ser em águas profundas perto de um fundo estável. As entradas dos lagos devem evitar água da costa e devem estar posicionadas mais para dentro do lago, em direcção ao centro de depressão. Este facto minimiza as hipóteses de poluição, bem como os riscos existentes na época seca.

Para a selecção de fontes de água subterrânea, em particular de fontes de abastecimento de água em pontos pequenos, os procedimentos poderiam ser mais sistemáticos, como em termos de identificação de locais de grande caudal e em termos de evitar locais com grande potencial de contaminação por infiltração da superfície. O baixo índice de sucesso na abertura de poços de diâmetro reduzido e a rápida deterioração dos furos de água fizeram com que os programas de abastecimento de água às zonas rurais e as agências de abastecimento de água prestassem mais atenção a este ponto. Contudo, ainda existem muitos projectos que seleccionam arbitrariamente os locais para a construção de poços e abertura de furos. Todavia, estão a ser envidados esforços no sentido de se desenvolverem métodos mais seguros e mais económicos para a selecção de fontes de água de superfície. Por exemplo, Poyet and Detay (1988) elaboraram programas de computador para ajudar os projectos na identificação do local e concepção de poços.

Para a localização de poços pouco profundos e cavados à mão, os riscos associados à contaminação fecal por saneamento individual ainda são mal compreendidos e estão mal quantificados. Nas zonas onde os pontos de abastecimento de água se situam dentro ou nas proximidades de aglomerados populacionais, existem dois elementos que não foram devidamente abordados no que diz respeito a uma possível contaminação através das unidades de saneamento existentes e/ou das práticas de despejo de lixo. O primeiro elemento refere-se aos riscos de contaminação da água potável devido ao lixo. A falta de critérios para a definição de distâncias seguras entre a fonte de água e os locais de possível contaminação constituem o segundo elemento.

Ward (1989) sugere que o risco de contaminação não pode ser determinado sem o monitoramento do estado da água subterrânea, especialmente devido ao facto de que as investigações realizadas indicaram que a poluição da água subterrânea é insignificante em certas condições hidro-geológicas (Lewis et al, 1982). Os problemas estão de tal modo ligados à localização que as orientações gerais são, muitas vezes, ineficazes. Ward vê o monitoramento como indispensável para os projectos de desenvolvimento do abastecimento de água a partir da água subterrânea nos sítios onde se pratica o saneamento individual. Também considera que o monitoramento se encontra ao alcance dos países em vias de desenvolvimento, desde que existam objectivos claramente definidos e que se elabore uma metodologia simples (Ward and Foster, 1981). A participação das comunidades utentes na avaliação de possíveis entradas e de locais para a abertura de poços é importante por duas razões. Primeiro, as comunidades locais têm conhecimento das variações registadas nos níveis de água e das actividades de uso da água e da terra, dados que são úteis na selecção de fontes e que podem ser adequados quer em termos de qualidade, quer de quantidade. Segundo, as discussões sobre as fontes promovem um diálogo com os utentes sobre a protecção e os riscos ambientais, o que aumenta o grau de consciencialização da comunidade e pode desenvolver acções com o objectivo de resolver os problemas existentes.

Com uma pressão populacional cada vez maior e a expansão das actividades humanas para áreas de captação anteriormente intactas, a avaliação de riscos deve ter em conta tanto as actividades em curso como as previstas dentro das áreas de captação. É muito importante que exista a consciência da natureza em mutação das áreas de captação, particularmente para se salvaguardar os sistemas de gravidade não tratados, nascentes e cursos de água das montanhas.

Um dos programas de abastecimento de água canalizada por gravidade mais bem sucedidos é o programa de abastecimento de água rural no Malawi. As fontes encontravam-se localizadas em reservas florestais com um baixo risco de contaminação. Apesar disto, a contaminação de um número crescente de fontes está a constituir motivo de preocupação. Alguns dos sistemas por gravidade auto-suficientes no Malawi estão a ser examinados pelo IDRC (1989) para avaliar a natureza da contaminação da água. Estão a ser estudadas medidas apropriadas para reduzir a contaminação existente, assim como critérios futuros de protecção de fontes e de selecção dos locais.

Nos programas de abastecimento de água que contam com o apoio da DANIDA, geralmente seleccionam-se fontes de maior caudal e de gravidade a custos mais elevados, num esforço de satisfazer a procura no futuro por parte da população-alvo e de minimizar os riscos de poluição. Em princípio, estas fontes são menos afectadas pelas comunidades utentes e o seu gado. Todavia, algumas das fontes têm um caudal inferior ao previsto ou constatou-se que o mesmo se encontra contaminado. A falta de dados a longo prazo sobre as características das nascentes aquando da selecção e as condições em rápida mudança verificadas nas áreas de captação contribuíram para este problema. Em algumas zonas, o programa instalou bombas manuais porque as fontes de água subterrânea tinham sido avaliadas como sendo mais seguras do que as fontes à superfície (Jensen, comunicação pessoal, 1989). Áreas intactas próprias para o desenvolvimento das nascentes com um grau de risco relativamente inferior e custos de exploração mais baixos encontram-se ameaçadas pelo facto de a terra ser cada vez mais utilizada para a produção. Problemas de natureza semelhante são constatados no Punjab, Paquistão e Colômbia. Neste último país, a poluição de nascentes situadas em elevações que alimentam os tubos de gravidade aumentou a necessidade de introdução de sistemas lentos de filtração da areia geridos pelos aldeões (van Wijk, comunicação pessoal, 1989). Estes exemplos demonstram a importância de se avaliar os efeitos das mudanças que irão provavelmente ocorrer no futuro. A avaliação dos riscos do lugar e de captação permite aos planificadores e gestores comparar os riscos que se podem apresentar nas diferentes alternativas.

Protecção das captações

Torna-se claro a partir dos exemplos acima citados que é necessária uma protecção mais activa das áreas de captação. Esta acção implica uma avaliação sistemática das áreas de captação para as fontes de água de superfície e subterrânea e a identificação de factores ambientais relacionados com o uso da terra. Existe a necessidade de se recorrer à experiência prática para se elaborarem listas de controlo para que as fontes pequenas possam ser efectivamente geridas pelas comunidades locais. Tais listas foram elaboradas no Sri Lanka, onde a organização Sarvodaya preparou procedimentos de medição dos caudais, para além da utilização de agentes corantes para determinar os riscos de poluição.

Numa escala mais ampla, o CEPIS estabeleceu procedimentos para a identificação e avaliação do risco de poluição referentes a regiões aquíferas da América Latina e das Caraíbas (Adams, 1990). Muitos dos aquíferos da região são vulneráveis à poluição causada pela descarga de efluentes, lixo sólido e eliminação de produtos químicos tóxicos, bem como de agricultura. Uma vez que a água subterrânea é usada no abastecimento de água potável a cerca de 140 milhões de pessoas em zonas urbanas e rurais, a protecção de aquíferos constitui grande preocupação. Os considerandos mais importantes mencionados são os seguintes:

- * a poluição da água subterrânea tem um efeito duradouro;
- * acções correctivas muitas vezes não são viáveis ou são muito caras;
- * existem implicações de saúde não só imediatas como crónicas resultantes de poluentes patogénicos ou tóxicos.

O risco de poluição da água subterrânea é o resultado da carga de agentes de contaminação aplicada no ambiente à sub-superfície pela acção humana e vulnerabilidade natural à poluição do aquífero (Foster et al, 1987). Para proteger os aquíferos, deve estar claro quais os poluentes e fontes de poluição que mais os afectam. Este conhecimento constitui a base para a delimitação das zonas de protecção em que as actividades humanas devem ser controladas.

As zonas de protecção são conceptualmente importantes para a concepção, priorização e distribuição de medidas de protecção dos recursos hídricos. As zonas podem ser delimitadas em relação ao nível e natureza do risco, dando origem a estratégias de protecção mais coerentes e incisivas. Contudo, estas zonas podem ser definidas mesmo quando a informação sobre os riscos está incompleta. As zonas são definidas da seguinte maneira:

- * a zona interior, definida como a zona em que existe um risco directo de contaminação;
- * a zona exterior, definida como a zona em que a água pode correr o risco de contaminação directa;
- * a área de captação, toda a área de onde a água corre para a captação.

A legislação existente sobre a protecção de fontes de água pode incorporar a delimitação de zonas para se traçarem estratégias de protecção. Um exemplo de um esforço desta natureza é um estudo patrocinado pela ASDI (Autoridade Sueca para o Desenvolvimento Internacional) no Botswana e realizado no início da década de 80, que deu origem a uma proposta para a elaboração de uma nova legislação sobre o uso doméstico de água (Hawerman et al, 1983). A questão de zonas de protecção para as fontes de água potável é apresentada na proposta, mas a informação carece de pormenores.

No Sri Lanka, a organização Sarvodaya anteriormente mencionada exige que as comunidades definam zonas de protecção de, pelo menos, um acre à volta da fonte antes de se considerar a possibilidade de construção de um sistema. Muitas vezes estabelecem zonas mais vastas, de mesmo 4 a 10 acres. A zona de protecção é demarcada por uma vedação ou arbustos. São depois plantados viveiros de diferentes tipos de árvores dentro desta zona demarcada (Heynen, comunicação pessoal, 1990).

O grau de eficácia das zonas de protecção depende do engajamento da população local em relação às medidas de protecção estabelecidas. As zonas protegidas são obviamente cada vez mais vulneráveis devido ao aumento da densidade populacional. A população local deve, pois, estar motivada para tomar medidas eficazes para protecção da área de captação. A motivação será parcialmente uma função do valor atribuído ao recurso. Os limites de zonas de alto risco

podem ser identificados através de levantamentos físicos, discussões com membros da comunidade e de fotografias aéreas. As zonas podem ser demarcadas através da colocação de vedações ou do plantio de uma determinada variedade de árvores que funcionarão como uma linha de diferenciação (Jensen, comunicação pessoal, 1989).

Levantamento sanitário

Os levantamentos sanitários são uma forma de avaliação de riscos que analisam a qualidade técnica de um ponto de abastecimento de água, a maneira de utilização dos consumidores, as condições higiénicas do meio ambiente à sua volta e as causas potenciais de contaminação. O seu objectivo é minimizar o nível de risco de contaminação no local através da identificação de medidas correctivas que possam ser tomadas rapidamente e com facilidade. Pode ser que já se tenham implementado medidas preventivas na fase de planificação e construção como parte do processo de selecção do local, avaliação dos riscos e de construção do sistema. Aliados à análise bacteriológica, os levantamentos sanitários proporcionam uma metodologia com base na qual se podem melhorar sucessivamente as condições do abastecimento de água. O método pode também identificar onde é que os problemas de fora do local contribuem para a contaminação e onde é necessária uma protecção correctiva urgente da captação. Isto é ilustrado pelas experiências de Lloyd e seus colegas, que elaboraram uma estratégia de levantamento sanitário em colaboração com a OMS (Lloyd, 1990; Lloyd and Suyati, 1989).

Através do projecto piloto de Java, Lloyd e os seus colegas elaboraram métodos rentáveis para a inspecção sanitária e controlo da qualidade da água, os quais estão a ser aplicados em projectos da UNEP/OMS no Peru, Colômbia, Nicarágua, Zâmbia, Nepal e Vanuatu (Lloyd, 1990. OMS, 1989). Foi elaborado um levantamento sanitário sob a forma de formulário que pode ser preenchido rapidamente e de forma exacta, ao mesmo tempo que se processa a amostragem bacteriológica e a testagem no terreno. O relatório do levantamento tem uma lista de controlo de potenciais fontes de contaminação e quantifica o nível de risco global através de uma pontuação sim/não cumulativa. Encontra-se incluído um esboço dos riscos a serem deixados no local de modo a que os utentes possam ver as medidas de protecção do local. A estratégia classifica o ponto de abastecimento de água com base no risco sanitário, com a classificação de "alto" e "baixo". O levantamento revela as fontes com o risco mais elevado de contaminação. Os levantamentos sanitários são uma ferramenta que permite aos inspectores desempenhar um papel activo no melhoramento das fontes de água através da realização de acções de avaliação no local e da definição de instruções claras sobre as medidas correctivas de protecção. A abordagem facultava uma base científica para a definição de prioridades, em termos de acções correctivas para a protecção do consumidor, do risco de doenças causadas pela água.

As medidas correctivas estão relacionadas com as acções realizadas no local pela comunidade utente, quer através de reparações físicas, quer do melhoramento das práticas não-higiénicas causadoras da contaminação. Um controlo contínuo permite o melhoramento gradual de fontes e sistemas de abastecimento de água potável, de forma a se atingirem resultados satisfatórios.

Para proporcionar uma avaliação mais significativa da situação sanitária das fontes de água e do nível de risco de transmissão de doenças causadas pela água, considerou-se necessária uma classificação mais apropriada da contaminação fecal. Devido à adopção de um sistema de classificação realista e mais detalhado (isto é, mais do que apenas 0=seguro, >0=inseguro),

assim como uma avaliação quantitativa dos potenciais riscos de poluição, é possível avaliar, com maior exactidão, o risco à saúde atribuível a qualquer instalação de água potável, de modo a definir as prioridades na implementação de acções correctivas (Lloyd, 1990). A classificação baseia-se na ordem crescente de magnitude da contaminação por coliformes fecais:

Grau de Risco	Coliformes Fecais E.coli / 100 ml	Factor de Risco
A =	0 (Orientação da OMS);	nenhum risco
B =	1 - 10	baixo risco
C =	11 - 100	risco médio a alto
D =	101 - 1.000	poluição grave; risco alto
E =	> 1.000	poluição grave; risco muito alto

O risco sanitário é colocado contra o risco bacteriológico para dar uma indicação clara dos piores pontos de abastecimento de água. Nos casos em que um baixo risco sanitário é aliado a um risco bacteriológico muito alto, esta situação pode ser indicativa de uma fonte remota de problemas, como por exemplo a infiltração a partir de latrinas. Quando esta provável contaminação remota é detectada, é necessário proceder-se a uma avaliação mais ampla do risco da captação, tal como foi anteriormente explicado. Numa reunião recente do IRC sobre a protecção de fontes de água potável, os participantes recomendaram que o levantamento sanitário fosse adoptado de forma mais universal, de preferência em combinação com a avaliação de riscos na área de captação e a concepção de zonas de protecção em que as actividades humanas sejam regradas e em que se tomem medidas preventivas (Lee, 1990). Em especial para o caso de sistemas de abastecimento de água pequenos e dispersos geridos pela comunidade, é essencial que os membros da comunidade participem activamente em tais levantamentos sanitários, uma vez que o seu apoio será normalmente necessário para o melhoramento das condições sanitárias e para a mudança de práticas que causam a contaminação das fontes de água.

Em alguns países, estão a ser elaborados sistemas de controlo, baseados na comunidade, da qualidade de água de pequenos sistemas comunitários. Por exemplo, na Colômbia foi concebido um dispositivo simples de testagem da qualidade, estando a ser formados operadores nas aldeias para controlar e registar regularmente a turbidez e os níveis de E-coli como parte de um projecto de demonstração sobre métodos simples de tratamento, com o apoio do IRC.

5.2 Soluções técnicas

As soluções possíveis para os problemas relacionados com fontes de água incluem um melhor saneamento, protecção física, conservação do solo e da água, tratamento e reciclagem da água dos esgotos, recarregamento artificial e plantio de árvores. Em muitos casos, estas medidas devem ser aliadas a respostas a problemas que tenham mais do que uma causa.

Melhoramentos no saneamento

Tal como foi anteriormente mencionado, o problema do abastecimento de água contaminada pelo utente devido às más condições de saneamento e de higiene encontra-se bastante

disseminado. A utilização de latrinas e de outros sistemas sanitários reduz o risco de poluição por matérias fecais por excluir a contaminação da crosta terrestre ou da superfície, de tal modo que as excreções não são arrastadas para a água de superfície nem transportadas por animais (Nordberg and Winblad, 1990). A concepção da latrina deve, em princípio, assegurar que não exista nenhuma ligação directa no sub-solo entre as excreções e a água subterrânea, o que implica que se tenha em consideração a localização, tipo e profundidade dos solos, assim como os níveis de água sazonais e diários (Lewis et al, 1980a). Onde existem latrinas bem concebidas e adaptadas às condições locais, um melhor nível de saneamento requer uma ampla aceitação e índices altos de utilização por parte da população.

Protecção física de poços e captações

Os utilizadores poluem as suas fontes de água devido à falta de consciencialização sobre as formas e meios de garantir uma protecção física adequada ao local de abastecimento de água (Figuras 10 e 11). Os projectos comunitários de abastecimento de água envolvidos no desenvolvimento do sistema de abastecimento de água através de poços reconhecem a importância da introdução de medidas simples de protecção contra a poluição. A introdução de sócolo, drenagem, coberturas e bombas manuais protege a qualidade da água pois evita a infiltração de água contaminada no poço. Para além disso, fica excluída a entrada directa de agentes de contaminação ao tirar-se a água (Boschi, 1982. Nyangeri, 1986. Rogers, 1985. IRC, 1988. Archambault et al, 1987). O benefício da existência de superstructures, paredes e sócolo dos poços foi claramente constatado na Serra Leão, onde os índices de contaminação bacteriológica eram mais baixos do que nos poços tradicionais pouco profundos, e flutuavam menos por estação do ano (Wright, 1985). Uma vez que é necessária a correcta construção e manutenção destes melhoramentos introduzidos nos sistemas de abastecimento de água para salvaguardar a qualidade da água através dos tempos, torna-se essencial que as comunidades, e em particular as mulheres como primeiras utilizadoras, sejam envolvidas na tomada de decisões sobre a construção de sócolos, drenos, etc. e treinadas sobre a sua relevância para a limpeza da água que utilizam para beber.

A utilização de poços para a lavagem da roupa, banho, consumo pelo gado e a defecação ao ar livre nas proximidades da fonte de água são outras causas da contaminação da água. A proibição absoluta destas práticas muitas vezes não é solução pois obriga as mulheres e crianças ou a aumentar o período de tempo de que necessitam para ir buscar água ou a limitar o uso da água para fins de higiene. Em muitas zonas, este tipo de problemas pode ser evitado através da discussão da necessidade de melhorar as condições para a lavagem de roupa, para tomar banho, bem como do consumo pelo gado, ou de acordos claros sobre a concepção, localização, financiamento e gestão de condições adicionais para este fim.

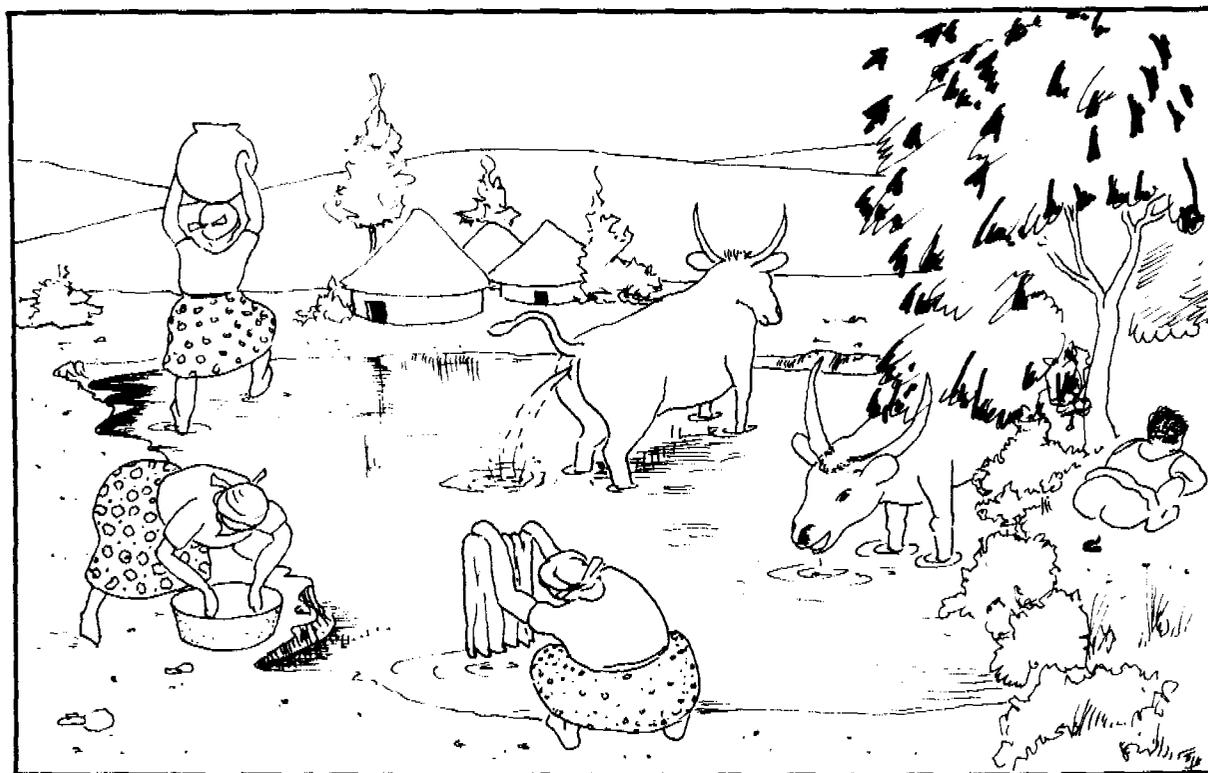


Figura 10. Utilizadores que poluem a sua fonte de abastecimento de água

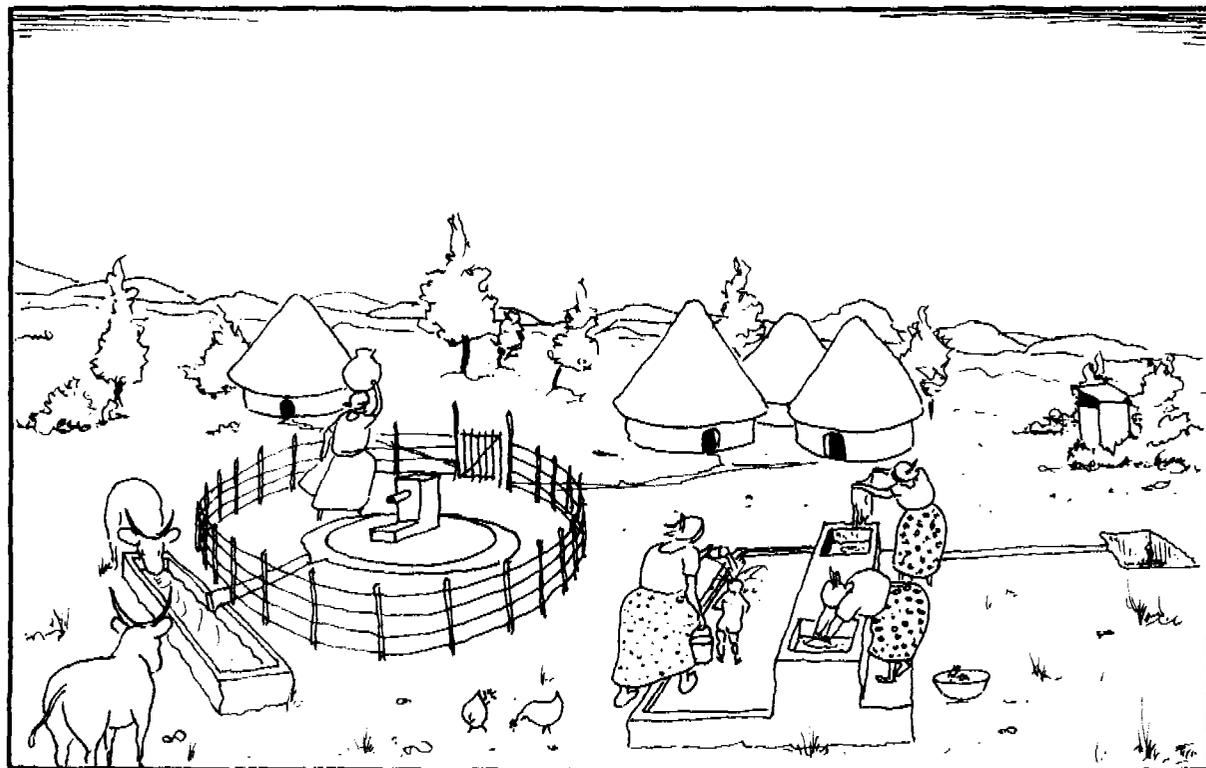


Figura 11. Utilizadores que protegem a sua fonte de abastecimento de água

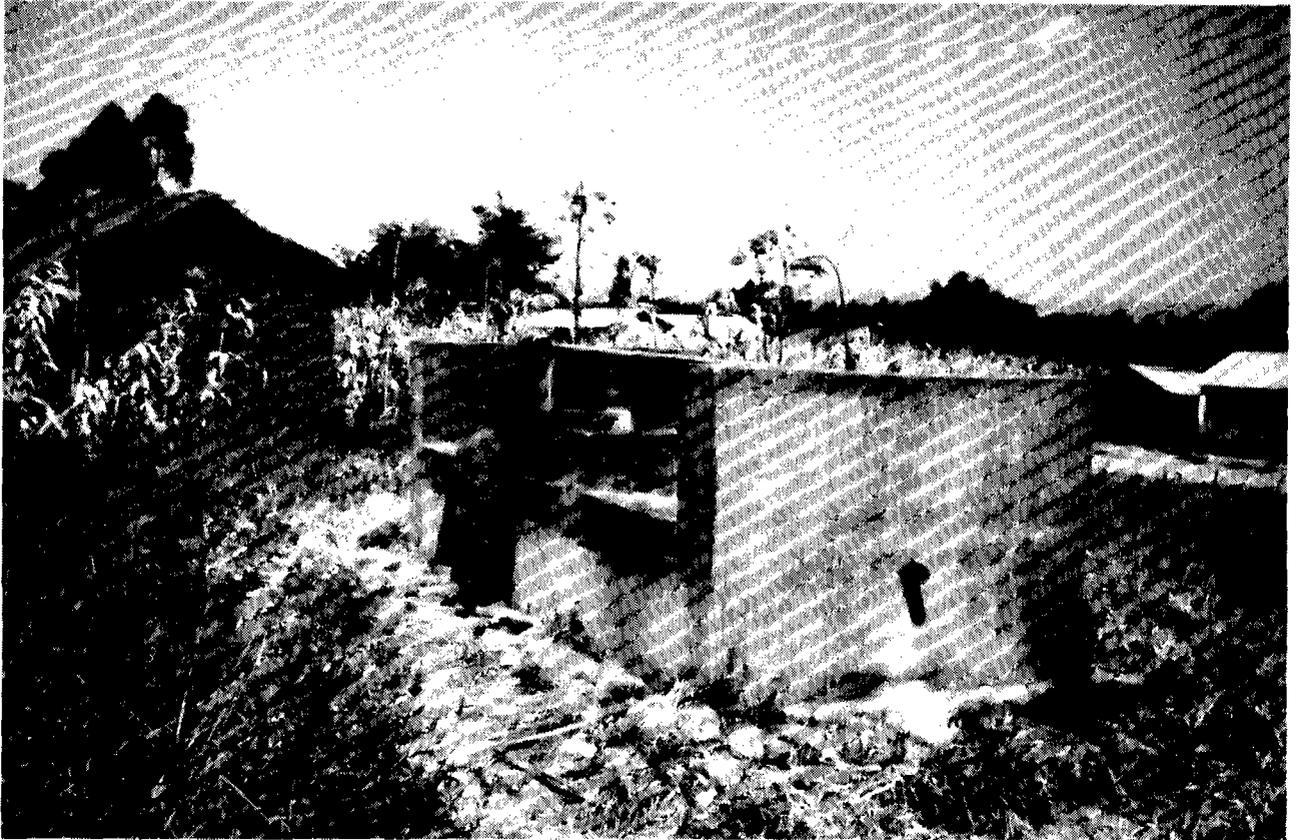


Figura 12. Local de lavagem de roupa de um bairro perto de um ponto de abastecimento de água na Tanzania

A poluição também surge como consequência directa da utilização de fontes de água de superfície pelo gado. Este facto pode ser evitado através da construção de vedações a partir de ramos de árvores, ou cercas de cactos ou ainda de plantas espinhosas, desde que haja um bedouro para os animais fora da vedação. Esta forma de protecção encontra-se ilustrada nos esboços do projecto HESAWA, financiado pela ASDI (SIDA, 1987) na Tanzania.

A experiência do Haiti, Ruanda, Zaire e Burundi comprova que a protecção física tem de ser aliada a uma formação e educação orientada para a comunidade sobre a utilização e manutenção de sistemas e protecção das captações (Archambault et al, 1987; Klomberg, comunicação pessoal, 1988).

Técnicas de conservação do solo e da água

As actividades de conservação do solo e da água podem reduzir a turbidez, evitando o transporte de sedimentos, aumentando o recarregamento da água subterrânea e reduzindo os picos de fluxo na superfície através do aumento da infiltração. Foi elaborada uma vasta gama de técnicas e estratégias de controlo da erosão destinadas aos países em vias de desenvolvimento e aplicada com bastante sucesso. Entre os métodos existentes destacam-se os socalcos, lavra de relevo, protecção contra a infiltração, alinhamento de pedras, alinhamento de galhos cortados, bem como várias formas de agricultura irrigada por escoamento (Wenner, 1981; Morgan, 1981; Morgan, 1985). Um exemplo proeminente da conservação do solo e da água para preservar e

aumentar a actividade agrícola é o Projecto de Desenvolvimento Integrado Machakos no Quénia (Harrison, 1987).

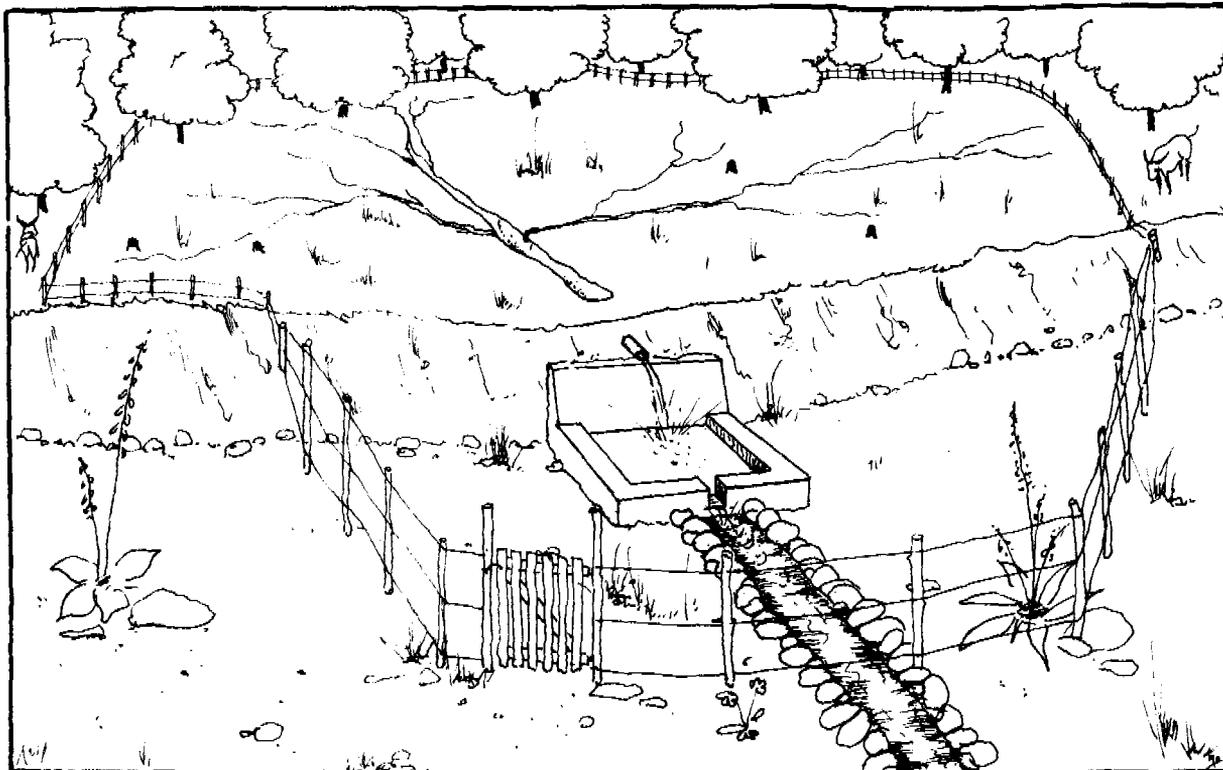


Figura 13. A vedação e cercas podem constituir uma medida eficaz de protecção

Porém, a erosão do solo expandiu-se a um ritmo mais acelerado do que a maior parte dos governos nacionais puderam controlar. Uma grande proporção dos problemas de erosão do solo resultaram da expansão das técnicas de rotação de culturas para zonas periféricas. Para além disso, esses problemas resultam do assentamento de populações anteriormente semi-nómadas, que têm pouca experiência de cultivo em socacos ou outras formas tradicionais de estabilização de solos. A concentração de gado à volta de pontos recentes de abastecimento de água, tais como represas de terra, também causaram uma grave degradação do solo devido ao uso excessivo das terras para pastos. A erosão dá origem a uma acumulação rápida de depósitos sedimentares e a consequente redução da capacidade de reserva das represas. É claramente necessária uma aplicação mais abrangente das técnicas de conservação do solo e da água. Deve-se estimular o apoio institucional e os programas comunitários, se se pretender que o controlo acompanhe o crescimento populacional e que novas parcelas de terra sejam usadas para a produção agrícola. Estes elementos foram integrados num programa inovador de abastecimento de água rural na região de Dodoma, na Tanzania (Stanislawski, comunicação pessoal, 1990).

Tratamento de águas residuais

Tanto os efluentes industriais como os esgotos domésticos devem ser tratados com vista a minimizar o risco de poluição. No caso dos esgotos domésticos, existem diferentes opções técnicas, mas nem sempre são aplicadas. Para os países em vias de desenvolvimento, os tanques de esgotos e as valas de oxidação encontram-se entre os métodos mais económicos.

A operação e manutenção das estações de tratamento de esgotos são mais difíceis e dispendiosas. É muitas vezes tecnicamente difícil e dispendioso processar o lixo industrial. Existe uma série de técnicas para a purificação mecânica e para o tratamento químico e biológico. A GTZ elaborou um manual sobre a tecnologia das águas residuais (Fresenius et al, 1989) que analisa o tratamento das águas residuais domésticas, comerciais e industriais.

Existe pouca experiência sobre a utilização de tecnologias de tratamento simples, eficientes e de baixo custo para agentes causadores de poluição industrial de pequena escala, especialmente para o caso de pequenas agro-indústrias rurais. Parecem faltar soluções tecnológicas apropriadas e um sistema de incentivos que desencoraje a descarga de esgotos não tratados em cursos de água nacionais e locais. Muitos elementos tóxicos provenientes de indústrias e a aplicação incorrecta de fertilizantes não têm possibilidade viável de tratamento. Por isso, é crucial a implementação de medidas preventivas contra a contaminação causada pelas actividades industriais e agrícolas.

Reciclagem de águas residuais

O tratamento das águas residuais complementa a reciclagem de águas residuais. Como tal, a água dos esgotos poderá necessitar apenas de tratamento parcial para posterior utilização para fins agrícolas, nomeadamente na irrigação ou numa série de processos industriais onde o padrão da qualidade da água não é uma questão crucial. Se for feita correctamente, a reciclagem das águas negras pode ser uma forma de protecção da fonte de água, assim como da sua conservação. O risco de contaminação das fontes de água pode ser reduzido através de uma reciclagem adequada, o que aumenta o uso eficiente da fonte de água. A água é tratada por métodos menos dispendiosos porque o tratamento é de nível de qualidade mais baixo, uma vez que só é necessário eliminar os coliformes e helmintos. O tanque de tratamento dos desperdícios, que é pouco ou menos dispendioso, é uma tecnologia recomendada para os países em vias de desenvolvimento. Estes tanques estão adaptados às capacidades técnicas existentes e às condições socio-económicas (Laugeri and Hespanhol, 1990). O custo do tratamento é mais reduzido se for comparado com o que é necessário para libertar, com segurança, desperdícios tratados para a água de superfície. Contudo, existe sempre a possibilidade de contaminação da água subterrânea através da infiltração das águas residuais na irrigação. Na zona irrigada, os sistemas de abastecimento de água mais vulneráveis são os poços pouco profundos (Laugeri & Hespanhol, 1990).

Vários benefícios podem advir da reciclagem das águas residuais nas zonas cuja irrigação depende de água subterrânea. A água reciclada complementa a fonte de água existente, reduzindo o uso da água subterrânea. Em alguns casos, as águas negras podem ser substituídas por água doce para utilizações não essenciais. A reciclagem das águas residuais reduz o risco da contaminação dos recursos hídricos. Os riscos que se colocam à saúde dos utentes a jusante seriam reduzidos.

Os dois benefícios principais são a redução dos custos de abastecimento de água por se suplementarem as águas negras para um abastecimento limitado de água doce e as receitas para tratar das obras dos sistemas de esgotos que processam as águas negras para posterior venda aos re-utilizadores (Laugeri and Hespanhol, 1990). Para se efectuar a reciclagem efectiva e segura

das águas negras, os países em vias de desenvolvimento devem melhorar consideravelmente as suas práticas de operação, manutenção e controlo em relação à gestão dos esgotos.

Recarregamento artificial

Os recursos de água subterrânea podem ser geridos de modo a reduzir a recessão do nível do lençol freático e a intrusão de água salgada através do recarregamento artificial. Existe uma vasta gama de técnicas, as quais dependem das condições geológicas e topográficas do local, bem como da dimensão do aquífero a ser recarregado (Rushton & Phadtare, 1989). Em pequena e média escala, o recarregamento é predominantemente feito a partir de valas de vazamento, lagoas e bacias, através da retenção do fluxo do rio, utilizando represas de sub-superfície e através da retenção da corrente dos rios. Também se podem utilizar represas de armazenamento de areia para aumentar as dimensões do reservatório de água subterrânea (Nilsson, 1988).

A abertura de poços individuais ou de uma série de poços próximo dos rios pode filtrar para fora os agentes de contaminação, ao contrário da utilização da água directamente dos rios (Huisman and Kop, 1988). Informação genérica sobre o recarregamento artificial de pequena e média escala é apresentada, por exemplo, por Hofkes and Visscher (1987).

Nas zonas irrigadas do Punjab no Paquistão, aplicou-se o recarregamento artificial de uma maneira considerável. Em certas zonas, a água subterrânea salobra não pode ser usada para beber. Os poços encontravam-se situados a distâncias regulares ao longo dos principais canais de irrigação para se obter água do aquífero situado à volta do canal. A água era puxada electricamente por um sistema canalizado para uma vila rural e aldeias. Preferia-se esta solução em vez de se puxar a água directamente do canal, de modo a se conseguir um caudal seguro e água de melhor qualidade.

O recarregamento de água subterrânea tem a possibilidade de ser bem sucedido em zonas áridas onde o potencial de evaporação e de escoamentos superficiais é elevado. O sucesso do método depende obviamente das condições locais, tais como a porosidade do aquífero, a profundidade da zona capilar através da qual a água pode ser elevada para a superfície e evaporar-se, assim como a retenção do solo e da rocha.

Reflorestamento

Os programas de reflorestamento, aliados a técnicas anti-erosão e de conservação do solo e da água são considerados essenciais para o melhoramento de muitos problemas com fontes de água. Porém, neste momento o número de árvores abatidas é maior do que o das plantadas. Por exemplo, calcula-se que na América do Sul, a proporção do plantio de árvores em relação ao abate seja de aproximadamente 1:10 (Gaskin-Reyes, 1988).

É importante recordar que enquanto em pouco tempo se abatem florestas, se provoca a erosão do solo e se perturbam processos hidrológicos, é necessário muito mais tempo para contrariar estes problemas. Para além disso, os benefícios ambientais que advêm do reflorestamento não são facilmente reconhecidos pela população local. A sua principal preocupação é cultivar novas terras para aumentar a produção alimentar. As prioridades a curto prazo muitas vezes se sobrepõem a benefícios a longo prazo. Existem, porém, experiências

encorajadoras. Na Índia, o movimento Chipko é considerado como bem sucedido (Bandyopadhyay and Shiva, 1988) e a protecção de zonas florestais ajudou a reduzir a intensidade das inundações e da erosão do solo, garantindo, assim, um abastecimento de água perene a partir de fontes locais anteriormente ameaçadas. Noutros locais, programas sociais de silvicultura contribuíram para a estabilização ambiental, ao mesmo tempo que satisfaziam as necessidades locais em termos de alimentos, lenha, ração animal, materiais de construção e rendimentos (Gaskin-Reyes, 1988). Também se promoveu a silvicultura nas aldeias para ajudar a regular os fluxos de água dos cursos e rios e evitar a acumulação de depósitos sedimentares nas represas e reservatórios.

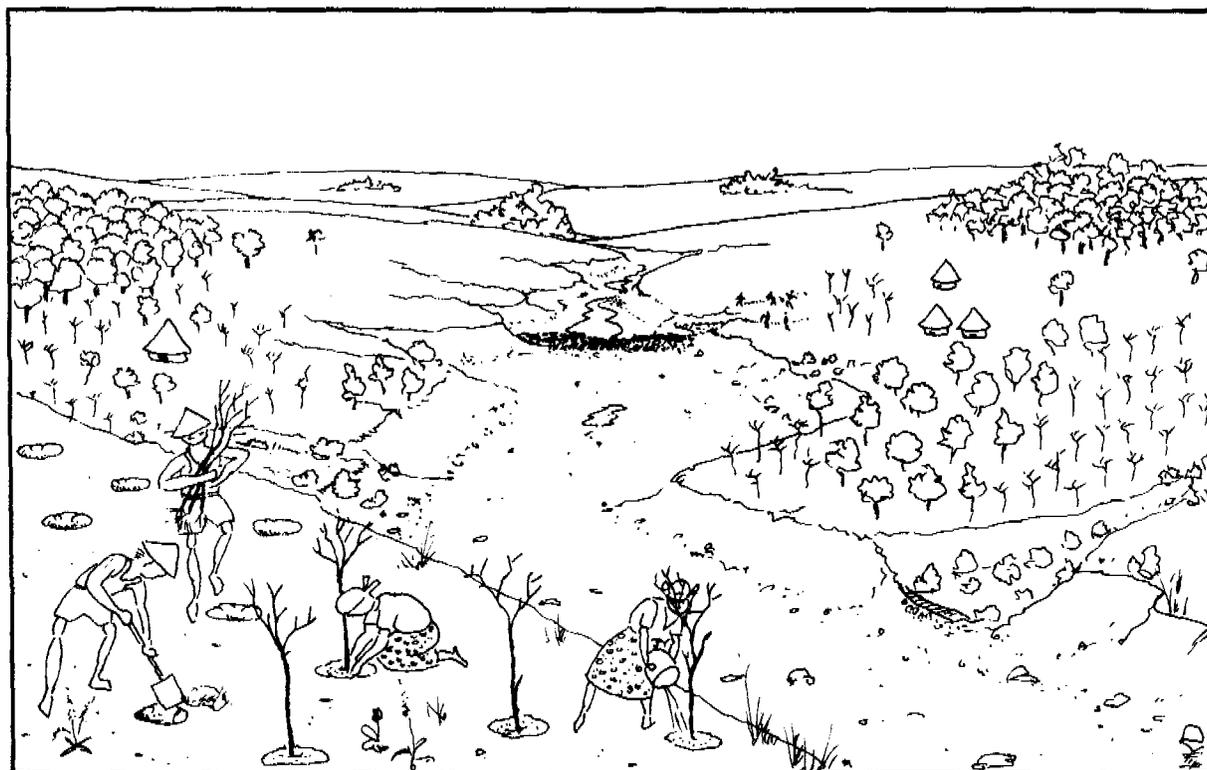


Figura 14. *Silvicultura numa aldeia*

Soluções abrangentes

Uma simples abordagem técnica muitas vezes não é suficiente para proteger as fontes de água. Uma protecção efectiva das fontes de água potável poderá implicar a necessidade de se adoptar uma estratégia de intervenção múltipla porque normalmente a poluição manifesta do abastecimento de água poderá ter mais do que uma causa. Torna-se necessário levar a cabo uma avaliação abrangente da protecção das fontes de água para se equacionarem os problemas concretos e potenciais para os quais se possam sugerir medidas de protecção (Nordberg and Winblad, 1990).

Por exemplo, o Governo de Gujarat criou uma comissão de alto nível para elaborar um relatório sobre as causas do aumento da salinização da água subterrânea, da consequente deterioração dos regadios e possíveis medidas de correcção. Constatou-se que a causa era nitidamente a bombagem excessiva da água subterrânea. As medidas abrangentes de correcção que foram

recomendadas são as seguintes: mudar o tipo de colheitas (para colheitas menos dependentes da água); regular a extracção da água subterrânea; aumentar o recarregamento artificial através de represas, poços e tanques de recarregamento; bloquear a intrusão de água salgada com reguladores de maré, barreiras de água doce e condutas de extracção; proceder ao reflorestamento das áreas de captação (Shukla, 1984).

5.3 Aspectos Institucionais e Legais da Protecção das Fontes

Motivação e consciencialização da comunidade

Muitos problemas de poluição da água devem-se à falta de consciencialização sobre as causas dos problemas de saúde no seio das comunidades locais (Wihuri, comunicação pessoal, 1989). A ligação entre a água, higiene e doenças não é devidamente entendida, uma vez que se parte do princípio de que a água é benéfica e purificadora e não um meio potencial de transmissão de infecções (Boot, 1984). A consciencialização das comunidades locais é muitas vezes um pré-requisito para estimular a sua motivação para a realização de actividades de protecção.

Por exemplo, a nascente Al-Baghari Spring no Yemen (Ansell and Burrowes, 1981) foi poluída por utentes que lavavam roupa e que permitiam que os seus burros entrassem na água para que pudessem encher os jerricans. A comunidade acreditava que a nascente se tinha formado quando um profeta desferiu um golpe sobre a terra com a sua espada e pronunciou que a mesma se purificaria a si própria. A população da aldeia não via a necessidade de modificar o seu comportamento, considerando que a água era livre, generosa, imensa e pura. Foi necessário muito tempo e muito esforço por parte dos trabalhadores no terreno para envolver a comunidade numa estratégia de protecção da fonte e canalizar a água para a aldeia. Este facto ilustra a importância de factores culturais e a necessidade da consciencialização da comunidade sobre a natureza real dos problemas que afectam a sua saúde e bem-estar.

As actividades de educação sanitária e higiénica ajudam a evitar muitos problemas de contaminação das fontes de água através de medidas tais como:

- * evitar defecar ao ar livre
- * eliminar em lugar seguro os excrementos humanos através da introdução e uso regular de sistemas de saneamento, tais como latrinas;
- * utilizar baldes e cordas limpas para a extracção da água;
- * excluir a lavagem de roupa, banhos e dar de beber ao gado na fonte de água potável;
- * melhorar o grau de entendimento da população sobre os mecanismos transmissores e causadores de doenças.

Os métodos e experiências de educação sanitária e higiénica são descritos exhaustivamente nas publicações do IRC (por exemplo, Boot 1984). Porém, há pouca informação relativa à formação

dos membros da comunidade e de comités de água que lhes permita desempenhar um papel mais activo na protecção das suas fontes de água potável.

Parceria entre comunidades e agências governamentais

Os sistemas de abastecimento de água que funcionem de maneira constante e segura poderão contribuir imenso para a protecção das fontes de água. A manutenção e gestão dos sistemas de abastecimento de água baseada na comunidade constitui um bom ponto de partida para uma abordagem mais integrada à protecção das fontes de água e à conservação do meio ambiente. Tal como foi anteriormente explicado, o mau funcionamento dos sistemas de abastecimento limita a sua fiabilidade e torna as fontes inacessíveis durante períodos inaceitáveis. Consequentemente, os utentes poderão adoptar, como alternativa, métodos menos sanitários de extracção da água o que, em si, poderá causar a poluição.

Existem alguns exemplos de gestão comunitária que aborda os problemas das fontes de água de maneira abrangente. Um exemplo de gestão comunitária efectiva com pouca assistência externa foi encontrado no Botswana, onde uma política de construção de pequenas represas para grupos rurais locais foi adoptada em 1974. Previam-se que cada represa desse de beber a 400 cabeças de gado e, em alguns casos, abastecesse água para consumo doméstico (Fortman, 1983). Esta questão foi posteriormente reavaliada porque os planificadores sentiram que os riscos de deterioração das fontes de água eram demasiado grandes. Eles preocupam-se especificamente com o aumento da concentração de gado à volta das represas, o que causa danos e contaminação muito grandes e, conseqüentemente, problemas de saúde. Contudo, os planificadores sentiram que as suas preocupações já tinham sido resolvidas pela população. Os grupos rurais tinham desenvolvido um sistema de protecção de fontes de água de quatro pontos, numa tentativa de manter a qualidade da água e a sua fiabilidade. Apresentam-se em seguida os elementos da estratégia de gestão de água concebida pela comunidade:

- * limitar o número de utentes aos membros do grupo e não aos membros ocasionais da mesma comunidade;
- * restringir o uso para fins domésticos e a utilização da água para dar de beber ao gado permanentemente ou num regime sazonal;
- * controlar a forma de utilização evitando que os animais bebam água directamente da represa através da colocação de uma vedação e de bebedouros; e
- * usar o tanque de água de forma rotativa, explorando primeiro fontes de pouca duração.

Na Ásia também se podem encontrar acções fortemente motivadas de gestão do mesmo tipo no seio das comunidades. Em Uttar Pradesh, na região montanhosa dos Himalaias, paira uma ameaça crescente de escassez de água nas aldeias rurais devido ao abate de florestas naturais de árvores com folhas largas (Bandyopadhyay and Shiva, 1988). O escoamento rápido da água das chuvas das monções provoca cheias. A seguir a estas cheias, as nascentes e riachos secam no fim do período das monções. O impacto desta flutuação sazonal da água foi fortemente sentido pelas mulheres, as quais têm agora de percorrer longas distâncias por dia para o abastecimento de água às suas famílias. Inspirado pelo movimento Chipko (abraça uma árvore),

as mulheres das aldeias começaram a proteger e a substituir as florestas das proximidades da sua aldeia para ajudar a melhorar a situação da água e, ao mesmo tempo, a situação da lenha e da ração animal. Na captação do rio Song, na região de Saklan, os aldeões protegeram e plantaram florestas de carvalhos, o que ajudou a reduzir a intensidade das cheias causadas pelos rios, inibiu a erosão do solo e garantiu que as nascentes e riachos abastecessem água durante todo o ano (Shiva, 1989). Ao elaborar uma estratégia de gestão ambiental efectiva e baseada na comunidade, deve-se prestar mais atenção aos conhecimentos locais e aos sistemas tradicionais de gestão já existentes nas áreas em questão. A população local conhece bem as suas condições ambientais socio-económicas e culturais podendo, muitas vezes, opinar se uma determinada estratégia é apropriada. Numa aldeia montanhosa da Colômbia, onde uma captação de água era afectada pelo gado e pela erosão do solo, os aldeões rejeitaram a ideia de colocar uma vedação ou de apascentar gado noutra local. Eles previram que o arame da vedação seria roubado e que não tinham terra nem dinheiro suficiente para pastos adequados. Ao invés, forneceram mão de obra voluntária para o plantio de vegetação espinhosa a montante da captação. Esta medida realmente forçou o gado a beber água em lugares mais baixos ao longo do rio, resolvendo assim o problema.

No que diz respeito aos sistemas tradicionais de gestão, há indicações de que o regulamento sobre a gestão e utilização das fontes de água existe especialmente nas zonas com problemas de falta de água, uma elevada cultura da água e/ou partilha de fontes de abastecimento de água por um grupo relativamente pequeno de famílias. As mulheres muitas vezes desempenham um papel importante na gestão das fontes de água (van Wijk, 1985). Constatou-se que perguntar aos utentes sobre a forma *como* gerem fontes de água tradicionais era a melhor forma de identificar tais padrões de gestão tradicional (Roark, 1984).

Embora as estratégias comunitárias de gestão da água sejam possíveis, deve haver geralmente uma ligação directa entre a comunidade e a fonte de água. As comunidades devem ser utentes da fonte de água ou obter algum benefício da acção de protecção, como por exemplo benefícios comerciais do plantio de árvores ou uma maior produção agrícola após a conservação do solo. O conflito de interesses entre os utentes a montante e a jusante é um problema sério em todo o mundo. Esta situação aplica-se tanto à agricultura praticada pela aldeia seguinte na encosta da montanha, como para a indústria que descarrega os seus desperdícios a montante de uma captação de água. Nenhum deles vê a necessidade de mudar as suas actividades que contribuem para a poluição, nem de exploração excessiva, uma vez que nenhum dos dois sente os efeitos negativos que estas actividades acarretam. Conciliar os conflitos de interesse e instituir medidas de protecção ambiental nestas situações é o papel que deve ser desempenhado pelas autoridades nacionais, regionais ou locais. As instituições governamentais bem como as autoridades regionais e locais, devem apoiar os esforços da comunidade na gestão e protecção das suas fontes de água potável. O apoio à gestão ambiental comunitária pode ser formalizado através de regulamentos e de procedimentos de controlo.

É necessário que haja mais informação para permitir que os governos formulem políticas de recursos hídricos. A informação cria as bases para a tomada de decisões sobre a planificação e de carácter legislativo. Para as agências internacionais de apoio e para os governos nacionais existe a necessidade de identificar melhor as questões e prioridades como base para um desenvolvimento estratégico. Durante uma reunião de análise recentemente realizada no IRC,

apelou-se para a elaboração de perfis do país sobre a maior parte dos problemas ambientais que afectam as fontes de água (Lee, 1990).

Uma tentativa recente de formular uma estratégia vem de Java Ocidental, onde o Governo da República da Indonésia criou um Gabinete de Gestão dos Recursos Hídricos (GOI/Cowiconsult, 1989). Esta organização emite licenças para o desenvolvimento das fontes de água, que são usadas para garantir o cumprimento do Decreto sobre a Gestão Ambiental de 1982 e, em particular, do Controlo da Exploração da Água Subterrânea e de Superfície e da Eliminação de Águas Residuais. Para se obter uma licença, deve-se facultar informação sob a forma de uma "Apresentação de Informação Ambiental" (Presentation of Environmental Information - PIL). A informação solicitada consiste em informação geral sobre a fonte de água, suas características geológicas e morfológicas, actuais condições ambientais e as alterações previstas na área de captação, bem como as características da fonte como resultado da exploração. O grau de sensibilidade da poluição é expresso em cinco termos relativos, de "seguro" a "muito sensível". Para cada fonte analisada, os requisitos de protecção são ilustrados num mapa topográfico que indica a localização da fonte e a área de protecção proposta. No que diz respeito a nascentes e pequenos riachos, toda a captação é protegida, devendo-se controlar as actividades causadoras de poluição. No caso de rios grandes ou canais de irrigação, as áreas imediatamente a montante da entrada são designadas como zonas protegidas. No caso de furos/poços, a área de protecção é a área imediatamente à volta do poço e da área de protecção do fluxo de água subterrânea.

Legislação e sua execução

Actualmente, a legislação sobre os recursos hídricos e meio ambiente na maior parte dos países em vias de desenvolvimento evoluiu ao longo do tempo em resposta a problemas específicos de gestão da água que surgiram com o crescimento económico e demográfico (ONU, 1984). Essa legislação centra-se sobre o controlo do uso da água dos principais rios ou lagos que são de importância económica e não constitui actualmente uma boa base de protecção dos recursos hídricos.

Com base no seu trabalho sobre os aspectos legais e financeiros do desenvolvimento do abastecimento de água comunitário, a OMS elaborou uma lista de várias questões legais que recentemente foram apresentadas (Laugeri and Hespanhol, 1990; Laugeri, 1990):

- * São necessários regulamentos para garantir que a fonte explorada para o abastecimento de água comunitário seja mais favorável em termos de qualidade, quantidade e de grau de acesso. Os direitos e necessidades dos utentes de água potável devem ser protegidos. Por exemplo, se se registar um défice no abastecimento de água comunitário devido à extracção industrial, a indústria deve suportar uma parte real dos custos à comunidade por esta ter de usar fontes em lugares mais distantes ou poluídas.
- * São necessários mais regulamentos para garantir a protecção à saúde e ao meio ambiente pelo uso de águas residuais, uma vez que existem perigos óbvios para a saúde pública. A OMS está a elaborar orientações com base nas experiências existentes.
- * São necessárias disposições legais para garantir que as fontes potenciais de água sejam adequadamente protegidas dos efeitos causados pela infiltração de águas residuais.

- * É necessária legislação e regulamentos para garantir que os custos de abastecimento de água e saneamento comunitário sejam recuperados de todos os utentes das fontes de água, especialmente dos consumidores que têm acesso a fontes de propriedade comum através de instalações privadas. Isto aplica-se em particular aos casos em que as melhores fontes foram monopolizadas por poucos consumidores privilegiados em detrimento do acesso público.

Alguns países em vias de desenvolvimento prepararam nova legislação sobre os recursos hídricos. Contudo, tem havido dificuldades na execução destas leis. O nível de formação do pessoal do Governo é baixo para a realização destas tarefas e os países possuem poucos dados fiáveis a partir dos quais possam formular as suas actividades. Em termos gerais, o grau de consciencialização por parte do governo e da população sobre os problemas dos recursos hídricos é baixo. Finalmente, os problemas dos recursos hídricos são muitas vezes aliados ao crescimento populacional e a conseqüente expansão das actividades agrícolas para as áreas periféricas de captação.

As medidas legais têm de tomar em consideração as tecnologias apropriadas existentes, assim como as capacidades institucionais. O governo pode elevar o grau de consciencialização quanto aos benefícios resultantes do melhoramento do meio ambiente em que se vive, por exemplo através do planeamento do uso da terra ou da redução dos riscos ao desenvolver a terra para uso do governo e, por exemplo, o vazamento dos tanques sépticos.

Reconhece-se que os regulamentos respeitantes às questões ambientais não são eficazes se os interesses locais não forem tomados em linha de conta. Por exemplo, a agricultura de subsistência poderá fazer com que os camponeses continuem a abrir mais terras para agricultura, mesmo que estejam cientes dos efeitos ambientais negativos e de que estão a agir contra a lei (Smet, comunicação pessoal, 1989). É essencial reconhecer e fazer face a estas necessidades e desenvolver métodos agrícolas mais eficazes, aliados a actividades agro-florestais e de conservação da água e do solo. Por exemplo, no Malawi, país que possui uma densidade populacional de quase cem habitantes por quilómetro quadrado, a exploração agrícola é exagerada. Para as mulheres, apanhar lenha tornou-se algo muito penoso devido ao desflorestamento. Porém, a escassez de combustível lenhoso está mais relacionada com as actividades agrícolas do que com a própria procura de lenha. Consequentemente, o déficit alimentar parece constituir o problema crucial e é difícil travar o desflorestamento causado pelas actividades agrícolas (Hirschman, 1990).

Uma limitação importante que se coloca à execução de medidas legais é a falta de definição de prioridade política para a protecção de fontes de água potável (Nakai, comunicação pessoal, 1989). Maior prioridade é dada ao desenvolvimento da economia. Os problemas das fontes são sentidos mais directamente pelos que não têm acesso ao serviço sofisticado de abastecimento de água canalizada. Consequentemente, as fontes de água potável para os assentamentos populacionais de pequena e média dimensão e para os grupos de baixo rendimento nas zonas periféricas urbanas são cada vez mais afectados pela poluição causada pelos grandes aglomerados e pelas actividades económicas.

Custos e benefícios

Em muitos países em vias de desenvolvimento, as autoridades nacionais estão cientes de alguns dos problemas básicos que afectam as fontes de água potável. Contudo, em muitos casos, as soluções não são aceitáveis politicamente, especialmente quando dizem respeito às principais indústrias ou aos produtores agrícolas. O efeito, a curto prazo, da produção ou da lucratividade parece merecer maior prioridade do que o efeito, a longo prazo, sobre os sistemas de abastecimento de água potável.

É difícil medir o custo em termos de danos ao meio-ambiente que significa, por exemplo, permitir aos agricultores sobre-explorarem os aquíferos para efeitos de irrigação de culturas de rendimento, ou permitir que as indústrias despejem os seus desperdícios num rio. O peso da deterioração das fontes de água é normalmente suportado pelos utentes e deve incluir o tempo que se perde a percorrer uma distância mais longa até uma fonte mais segura, ou o número de dias que se está doente e incapacitado de trabalhar devido a uma diarreia. Muitas vezes subestima-se que, numa perspectiva económica, existem custos ao país e ao governo provocados pela redução dos índices de produtividade. Em alguns casos extremos, poderá, também, haver custos financeiros quando o governo tiver de canalizar água diariamente de algumas dezenas de quilómetros (Bandyopadhyay, 1987).

Se os benefícios de uma boa gestão ambiental e da protecção das fontes de água não forem entendidos, torna-se difícil esperar que os governos dos países em vias de desenvolvimento melhorem e façam cumprir a legislação sobre os recursos hídricos. Por isso, parece correcto dar grande prioridade ao papel a ser desempenhado pela comunidade na protecção das fontes de água. As perspectivas de uma protecção efectiva parecem ser melhores nos casos em que as comunidades elas próprias criam os seus problemas de fontes de água. O impacto das medidas de protecção das fontes de água é sentido mais directamente e as comunidades podem pesar os custos em termos de tempo, dinheiro e esforços e compará-los com os benefícios que recebem de uma melhor qualidade, quantidade e fiabilidade do seu abastecimento de água.

Ajudar a incentivar as mulheres a participarem e a manifestarem a sua opinião durante as reuniões comunitárias de planificação do uso da água pode ser importante, uma vez que elas muitas vezes sentem mais directamente os impactos da deterioração da qualidade e quantidade da água. Esta acção normalmente carece de medidas especiais, nomeadamente o apoio dos líderes do sexo masculino, a realização de reuniões para mulheres em locais e horas apropriadas, a informação e o encorajamento da participação das mulheres e a facilitação da apresentação das suas contribuições, por exemplo através do uso de línguas locais, convidando porta-vozes do sexo feminino, incentivando a discussão interna ou através da realização de reuniões em separado para as mulheres (van Wijk, 1985).

6. Conclusões e Considerações mais Abrangentes

6.1 Necessidade de abordar a questão da protecção das fontes de água de forma mais sistemática

Com base na informação recebida e na documentação analisada, existe decididamente a necessidade de abordar os problemas de protecção das fontes e as causas a eles subjacentes de forma mais sistemática. Os problemas ambientais relacionados com a água foram alvo de muita atenção nos últimos anos porque afectam a sustentabilidade e eficiência do melhoramento dos sistemas de abastecimento de água potável e outros esforços de desenvolvimento. Os doadores, nomeadamente a Danida, UNICEF, ASDI, FINNIDA e outros, já elaboraram ou encontram-se na fase de elaboração de documentos sobre as questões ambientais mais abrangentes. Contudo, não existe uma visão global clara dos problemas e as causas dos problemas das fontes não se encontram identificadas nem analisadas de maneira sistemática.

6.2 Causas dos problemas das fontes locais e regionais de água

Os problemas das fontes de água dizem respeito quer à qualidade, quer à quantidade da água. Estes dois aspectos determinam o grau de fiabilidade das fontes de água potável. As pequenas comunidades são afectadas tanto pelos problemas locais de abastecimento de água, como pelos regionais, uma vez que elas dependem grandemente dos pequenos sistemas de abastecimento de água que não foram submetidos a nenhum tratamento.

Os factores ambientais que afectam de forma mais grave as pequenas fontes de água, tais como nascentes e aquíferos locais são a poluição causada pelos utentes da fonte, a contaminação pelo saneamento individual, mau funcionamento do abastecimento local normal, a procura competitiva de um sistema de abastecimento de água limitado, bem como os efeitos das mudanças no padrão local de uso da terra. As fontes maiores de água, tais como os principais rios ou aquíferos regionais, são basicamente afectadas pela descarga de poluidores industriais, uso crescente e extenso de pesticidas e fertilizantes, descarga de águas dos esgotos, extracção exagerada de água subterrânea e pelos efeitos das mudanças, em larga escala, nos padrões de uso da terra.

6.3 Falta de informação segura

Existem dados insuficientes sobre a magnitude e a natureza dos problemas das fontes de água potável. A falta de informação é possivelmente uma das principais razões que fazem com que apenas poucos países tenham formulado objectivos globais de política sobre a protecção ambiental das fontes de água potável e que não consigam criar disposições legais e institucionais adequadas.

A experiência no terreno sobre a gestão de fontes locais de água diz respeito essencialmente a abordagens técnicas para a resolução dos problemas de protecção das fontes em pequenas áreas de captação. Outros elementos essenciais para a protecção das fontes de água potável parecem ser o planeamento e controlo do uso da terra, legislação e regulamentos, selecção de fontes e

procedimentos de localização, bem como a gestão comunitária. Contudo, existem muito poucos dados que comprovem a existência de experiências bem sucedidas no desenvolvimento de tal conceito integrado.

6.4 Legislação que não entrou em vigor

A legislação sobre o meio ambiente e as leis da água dizem respeito essencialmente às grandes bacias, pelo que não constituem uma base para a protecção de muitas das fontes de água de menor dimensão. A execução de leis e regulamentos é prejudicada pela falta de consciencialização sobre os problemas ambientais que afectam as fontes de água potável e pelos custos e benefícios associados à protecção do meio ambiente. É fundamental que a legislação futura seja orientada para a gestão dos recursos e que adopte uma abordagem de sustentabilidade.

6.5 Falta de consciencialização

Existe uma falta de consciencialização generalizada sobre estas questões ambientais no seio dos planificadores e responsáveis pela tomada de decisões e, muitas vezes, no seio dos próprios utentes da água. Em muitos casos, tanto a população como as autoridades dão prioridade à satisfação das necessidades a curto prazo, dando menos prioridade aos benefícios a longo prazo resultantes da protecção da terra e dos recursos hídricos. É necessário prestar maior atenção à formação de pessoal local e dos utentes, permitindo-lhes desempenhar um papel activo na protecção da sua fonte de abastecimento de água. De acordo com os participantes na reunião de trabalho do IRC sobre a protecção das fontes de água potável, os problemas de fontes de água são actualmente ignorados porque não se atribui a devida prioridade à protecção das fontes e verifica-se uma falta de empenho político para tratar destas questões.

6.6 Considerações mais abrangentes

Desenvolvimento de estratégias

É imperioso que os países em vias de desenvolvimento cheguem a um acordo quanto à série de causas e efeitos dos problemas que afectam as fontes de água potável. Presentemente eles carecem de informação e dos meios que lhes permitam formular orientações para a gestão do uso da terra e protecção das áreas de captação. Também necessitam de proceder à recolha de informação exacta sobre o caudal sustentável de fontes de água subterrânea e sobre a extracção pública e privada e utilização da água como base para a planificação e elaboração de regulamentos. Consequentemente, não existem estratégias operacionais, mesmo nos casos em que já exista uma política estruturada.

Uma análise mais independente e detalhada dos dados sobre o meio ambiente, e mais esforços por parte das organizações internacionais são necessários para a definição de padrões, definição de orientações passíveis de implementação e promoção de acções de protecção das fontes de água a todos os níveis nos países em vias de desenvolvimento, pois contribuiriam para a definição de tais estratégias nacionais. Possíveis actividades a serem realizadas pelas organizações internacionais poderiam incluir:

- * elaboração de listas de aspectos a serem verificados e definição de diretrizes gerais para identificar, prevenir e corrigir os problemas das fontes de água;
- * preparação de inventários, ao nível do país, para se definir a natureza e magnitude dos problemas das fontes de água e identificar possíveis acções de protecção;
- * revisão dos aspectos legislativos e económicos da protecção das fontes de água e aumentar o apoio aos governos nesta área;
- * identificar casos e divulgar informação sobre casos bem sucedidos de gestão comunitária das fontes de água;
- * preparação de acções de avaliação do impacto ambiental para todas as actividades que possam afectar a qualidade e a quantidade da água potável.

Perfis ambientais e indicadores de monitoragem

Perfis de diferentes tipos de fontes de água num meio ambiente diferente e sua vulnerabilidade aos factores ambientais podem criar as bases para a tomada de decisões. A definição de parâmetros para a monitoragem e avaliação de fontes de superfície e subterrâneas sob diferentes condições de captação e a elaboração de listas de soluções correctivas e preventivas constituiriam um ponto de partida para os engenheiros e planificadores. Estes instrumentos de tomada de decisões são considerados essenciais para o melhoramento da protecção das fontes de água.

Instrumentos e métodos simples

As pequenas fontes de água podem ser protegidas através da utilização de instrumentos e métodos simples, bem como dos recursos e habilidades da comunidade. Exemplos práticos poderão ajudar a promover a ideia de protecção das fontes de água e impulsionar o desenvolvimento de soluções locais. A realização de estudos detalhados sobre os problemas das fontes de água em países desenvolvidos seleccionados contribuiria para o desenvolvimento destes instrumentos e de métodos simples que possam ser aplicados ao nível da comunidade.

Envolvimento da comunidade e do governo local na gestão dos recursos hídricos

A protecção das fontes de água com base na comunidade pode ser viável e eficaz em pequena escala e deve ser implementada onde for possível. A definição do que as comunidades devem fazer exactamente e como proceder em situações específicas seria um passo em frente útil. Os problemas parecem agravar-se porque as agências, projectos e instituições locais não se encontram equipadas para prestar apoio e assessorar as comunidades nesta área. As instituições carecem das infraestruturas físicas e habilidades necessárias em termos de mão-de-obra para a implementação de tarefas de investigação ambiental orientadas para a acção e de programas de gestão. O pessoal nem sempre tem a atitude correcta nem as habilidades necessárias para trabalhar na resolução não directiva de problemas com as comunidades rurais. Seria, pois, conveniente aumentar os esforços dirigidos à formação de pessoal técnico e de extensionistas, bem como elaborar procedimentos com vista a apoiar, assessorar e formar membros da comunidade para promoverem a protecção das suas fontes de água potável como parte integrante da gestão e melhoramento do abastecimento de água e das instalações de saneamento.

Papel a ser desempenhado pelas mulheres

A falta de fontes de água adequadas afecta grandemente as mulheres. Elas encontram-se, pois, mais motivadas para resolver ou prevenir a ocorrência de problemas. As deslocações diárias das mulheres aos locais de abastecimento de água fazem com que elas sejam as mais indicadas para monitorar as suas fontes de abastecimento de água. Muitas vezes elas já administram estes locais e controlam a higiene ambiental. A elaboração de mais documentação sobre estas acções das mulheres e a formação de pessoal sobre o envolvimento da mulher na planificação e gestão das fontes de água pode ajudar a disseminar e a melhorar as actividades ligadas ao abastecimento de água à comunidade.

Custos e benefícios

Torna-se necessário pesquisar os custos e benefícios da protecção das fontes de água através da recolha de dados sobre a natureza e magnitude dos problemas das fontes de água. Uma compreensão profunda dos incentivos e desincentivos da protecção ou não protecção das fontes de água pode encorajar os governos e indústrias dos países em vias de desenvolvimento a controlar a deterioração das fontes de água.

Técnicas de baixo custo para a gestão dos desperdícios

As tecnologias de baixo custo para o tratamento de águas residuais e a gestão e controlo dos desperdícios industriais poderiam ser aplicadas com maior frequência, em particular por parte de indústrias de pequena e média dimensão e por instituições públicas, tais como hospitais. Algumas já existem, enquanto que outras têm ainda de ser instaladas. Seria, pois, importante identificar e promover as tecnologias de processamento de baixo custo apropriadas que já existam, identificar onde ainda persistem necessidades, promover novos métodos de tratamento e elaborar programas adequados de manutenção para os métodos existentes.

Pesticidas e produtos químicos

Pouca informação detalhada se encontra à disposição dos países em vias de desenvolvimento sobre os efeitos na saúde dos utentes da água relacionados com os pesticidas e produtos químicos descarregados nas fontes de água. O monitoramento destas substâncias nas fontes de abastecimento de água é uma actividade que não se encontra disseminada. Muitas substâncias novas são criadas pelas indústrias químicas todos os anos, das quais pouco se sabe acerca da sua toxicologia (Lloyd, comunicação pessoal, 1990). Importa-se uma gama cada vez maior de produtos químicos que são usados no mundo em desenvolvimento, mas muitos países não possuem registo das importações de produtos tóxicos. As recomendações incluem:

- * recolha de informação sobre as práticas de utilização de pesticidas e produtos químicos de modo a que se possam traçar orientações que permitam aos planificadores determinar quais são as fontes de água de alto risco e as situações em que é provável a ocorrência de contaminação das fontes;
- * compilar informação sobre os efeitos dos pesticidas e produtos químicos na saúde para que se possa determinar a escala e a magnitude dos riscos existentes; esta informação deve ser disponibilizada gratuitamente; e

- * compilar registos de todas as substâncias tóxicas importadas por um país e definirem-se regulamentos sobre as que podem ser usadas com maior grau de segurança, devendo-se banir as importações das substâncias que representem riscos inaceitáveis.

Referências

- Adams, B. (1990). *Groundwater pollution risk assessment in Latin America and the Caribbean : working meeting on drinking water source protection, 30 June - 1 July, 1990*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.
- Andersson, I. (1982). *Wells and handpumps in Shinyanga region, Tanzania : level of service from scale water supplies*. (Research Paper; no. 7). Dar es Salaam, Tanzania, Bureau of Resources Assessment and Land Use Planning.
- Ansell, C. and Burrowes, R. (1981). *Communicating hygiene/sanitation messages to villagers : an experiment in Wadi Ayyan*. Westport, USA, American Save the Children/Yemen.
- Archambault, J., Cédou, C. and Camphuis, N. (1987). *Le captage des sources*. (Le Point Sur; no.10). Paris, France, Association Française des Volontaires du Progrès/GRET.
- Asian Development Bank (1987). *Handbook on the use of pesticides in the Asia-Pacific Region*. Manila, Philippines, Asian Development Bank.
- Bandyopadhyay, J. (1987). 'Political ecology of drought and water scarcity - need for an ecological water resources policy'. In : *Economic and Political Weekly*, December 12, 2159-2169.
- Bandyopadhyay, J. and Shiva, V. (1988). 'People's control over forest resources in the Himalayas'. In : *Appropriate Technology*, vol.15, no.1, p.8-10.
- Bastemeijer, T. (1982). *An overview of environmental problems in Tanzania : teaching manual*. Dar es Salaam, Tanzania, Ardhi Institute, Department of Urban and Rural Planning.
- Bastemeijer, T.F., Gondwe, H.A., Magonya, S.N., Majumdar, J. Smet, J.E.M. and Wijk-Sijbesma, C.A. van (1987). *The DANIDA financed rural water supply programme in Iringa, Mbeya and Ruvuma Regions of Tanzania*. Copenhagen, Denmark, Danish International Development Agency.
- Bastemeijer, Teun and Visscher, Jan Teun (1988). *Maintenance systems for rural water supplies*. (Occasional Paper; no. 8). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.
- Bastemeijer, T.F. (1990). *Evaluation a mi-parcours du projet eau et assainissement 1988-1992 (MLI/022) : rapport de la mission d'évaluation conjointe*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.
- Bhargava, D.S. (1987). 'Exploitability of the River Kali, the most polluted tributary of the Ganges'. In : *Asian Environment*, vol.9, no.3, p.28-37.

Blackie, J.R. et al. (1980). *Environmental effects of deforestation : an annotated bibliography*. (Occasional Paper; no. 18). UK, Freshwater Biological Association.

Blaikie, P. (1985). *The political economy of soil erosion in developing countries*. UK, Longmann Development Studies.

Boot, M. (1989). *Personal communication*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Boot, M. (1984). *Making the links : guidelines for hygiene education in community water supply and sanitation*. (Occasional Paper; no.5). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Boot, Marieke and Heijnen, Han (1988). *Ten years of experience : community water supply and sanitation programme, Pokhara, Western Development Region, Nepal*. (Technical Paper Series; no. 26). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Boro, G. (1984). *Industrial waste water discharges with special reference to the leather industry in Kenya*. (Publication Series B; no.4). Tampere, Finland, Tampere University of Technology Department of Water Supply and Sanitation.

Boschi, I. (1981). *Health and technical data for water supply projects : interregional project for planning, organisation and execution of special public works programmes*. (Technical Instructions 5). New York, NY, USA, United Nations Development Programme.

Boschi, I. (1982). *Construction of hand dug wells and protection against pollution : interregional project for the implementation and evaluation of special public works programmes*. (Technical Instructions 7). New York, NY, USA, United Nations Development Programme.

Bosscher, A. (1990). *Land-use changes and groundwater depletion : the role of vegetation : working meeting on drinking water source protection, 30 June - 1 July, 1990*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Bosscher, A. (1989). *Personal communication*. Enschede, The Netherlands, ITC.

Breuck, W. de (1983). *Salt water intrusion meetings 1968-1981 : a review*. Delft, The Netherlands, International Hydrological Programme.

Cairncross, S. (1988). *Small scale sanitation*. (Bulletin; No. 8). London, England, Ross Institute of Tropical Hygiene.

Cairncross, S. and Tayeh, A. (1988). 'Guineaworm and water supply in Kordofan, Sudan'. In : *Journal of the Institute of Water and Environmental Management*, vol.2, June, p.269-274.

Cessti, Rita (1989). *Water resources : problems and issues for the water sector*. Washington, DC, USA, World Bank.

CEPIS (1989). *Health conditions in the Americas*. Lima, Peru, Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Leaflet.

Chainarong, L. (1977). 'Water for domestic use in rural areas - Thailand'. In : *Water Development and Management, United Nations*, p.1835-1845.

Charalambous, A.N. (1982). 'Problems of groundwater development in the Sana'a basin, Yemen Arab Republic'. In : *Proceedings of the symposium on Improvement of methods of long term prediction of variations in groundwater resources and regimes due to human activity, Exeter, July 1982*. (IAHS Publication; no.136). Wallingford, UK, International Association of Hydrological Sciences.

Chathopadhyaya, S.N., Routh, T. and Sharma, V.P. (1984). 'A short term study on the pollutional status of River Ganga in Kanpur Region'. In : *Indian Journal of Environmental Health*, vol.26, no.3, p.244-257.

Chauhan, L.I., Bhatt, N.M. and Parhasarathy, G.S. (1984). 'Groundwater quality in and around the area irrigated by waste water'. In : *Journal of the Indian Water Works Association*, vol.XVI, no.4, p.371-378.

Christiansson, Carl (1986). 'Soil erosion and conservation in the drylands'. In : Boesen J., Havnevik K.J., Koponen J. and Odgaard R. *Tanzania : crisis and struggle for survival*. Uppsala, Sweden, Scandinavian Institute of African Studies, p.143-157.

Committee on Development Planning (1990). *Water, the fundamental resource*.

Conré, N. and Babo, M. (1989). *L'eau dans les villages : etude des mesures d'hygiène et d'assainissement du milieu*. Bamako, Mali, UNICEF.

Cook, J.M. and Das, D.K. (1980). *Semra village : case study of groundwater pollution in central India*. (Report No. WD/OS/80/16). London, UK, ODA.

Copplestone, J.F. (1985). 'Pesticide exposure and health in developing countries' In : Turnbull, G. *Occupational hazards of pesticide use*. London, UK, Taylor and Francis, p.67-78.

DANIDA (1988). *Environmental issues in water resources management : a strategy for water resources management*. Copenhagen, Denmark, DANIDA.

Das, D.C. and Pandey, C.M. (1989). *Soil conservation for perspective water management, environment and land productivity : paper presented at national seminar on 'new perspectives in water management'*, New Delhi, India, Indian National Academy of Engineering and Central Water Committee.

Dhaneshwar, R.S., Basu, A.K., Biswas, A.K., Ganguly, A.K. and Sanyal, P.B. (1985). 'Evaluation of rural water supply in hill regions of West Bengal'. In : *Journal of the Indian Water Works Association*, vol.XVII, no.2, p.187-192.

Dikshit, V.P. and Nigam, K.K. (1982). *An overview of pollution from tannery wastes : paper presented at the 17th Tanners get-together, Madras, Jan 31 - Feb 4*.

Doppenberg, A. (1989). *Personal communication*. Rotterdam, The Netherlands, IWACO.

Edwards, K.A. (1977). 'Water resources and soil conservation : the Kenyan situation'. In : Castelino, J.B. and Khanala, C.P.M. *The role of water resources in development : proceedings of the 13th annual symposium of the East African Academy, September 1977*. Nairobi, Kenya, National Academy for Advancement of Arts and Science, p.167-176.

Falkenmark, M. (1980). *Rural water supply and health : the need for a new strategy : summary of papers and discussions for the UNited Nations Interregional Seminar on Rural Water Supply, Uppsala, Sweden, 6 - 17 October 1980*. Uppsala, Sweden, Scandinavian Institute of African Studies.

Feachem, R. et al. (1978). *Water, health and development : an interdisciplinary evaluation*. London, UK, Tri-Med Books.

Fortmann, L. (1983). 'Managing seasonal man-made water sources : lessons from Botswana'. In : *Waterlines*, . vol.1, no.4, p.22-25.

Foster, S.S.D. (1987). 'Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy'. In : Duijvenboden, W. van and Waegeningh, H.G. van. *Vulnerability of soil and groundwater to pollutants*. The Hague, The Netherlands TNO Committee for Hydrological Research.

Foster, S.S.D., Ventura, M., and Hirata, R. (1987). *Groundwater pollution : an executive overview of the Latin America-Caribbean situation in relation to potable water supply*. Lima, Peru, Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Fresenius, W., Schneider, W., Bohnke, B. and Pöppinghaus, K. (1989). *Waste water technology : origin, collection, treatment and analysis of waste water*. Berlin, Germany, Springer-Verlag.

Gaskin-Reyes, C. (1988). 'Forests in Latin America's future'. In : *Development and Cooperation*, vol.2, no.88, p.13-15.

Ghebtsawi-Tsighe, T. (1990). 'Drinking water source protection problems : the case of Tanzania'. In : *Working meeting on drinking water source protection, 30 June - 1 July, 1990*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Goodland, R. (1990). 'Environmental aspects of dam and reservoir projects : the World Bank's new policy'. In : *Waterlines*, vol.8, no.4, p.7-10.

Goetsch, O. (1989). *Evaluation of water points and wells constructed from 1964 to 1989*. Yaounde, Cameroon, CD/Helvetas.

GOI/Cowiconsult (1989). *Preliminary report on catchment and water resources protection*. Bandung, Indonesia, GOI, Ministry of Public Works, Directorate General of Cipta Karya.

Groen, J., Schuchmann, J.B. and Geirnaert, W. (1988). 'The occurrence of high nitrate concentration in groundwater in villages in Northwestern Burkina Faso'. In : *Journal of African Earth Sciences*, vol.7, no.7/8, p.999-1009.

Guo, P. (1989). *Personal communication*. Kuala Lumpur, Malaysia, PEPAS.

Gun, J.A.M. van der (1985). *Water resources of the Sadah area*. Delft, The Netherlands, Delft University of Technology, Unpublished main report WRAY-3.

Gun, J.A.M. van der (1986). 'High rates of groundwater abstraction in the Yemen Highlands'. In : *Proceedings of the 19th Congress of the Int. Assoc. Hydrogeologists*. Karlovy Vary 8, Czechoslovakia.

Handa, B.K., Goel, D.K., and Kumar, A. (1983). 'Pollution of natural waters by industrial waste effluents in some parts of North and Northwestern India'. In : *Asian Environment*, vol.5, no.4, p.13-19.

Hanson, B.D. (1985). *Water and sanitation technologies : a trainer's manual*. (Training Manual; no. T-32). Washington, DC, USA, Peace Corps.

Harrison, P. (1987). *The greening of Africa : breaking through in the battle for land and food*. UK, Paladin Books.

Hawerman, B., Naeslund, G. and Wilkinson, G.K. (1983). *Domestic water legislation : final report*. Stockholm, Sweden, SIDA.

Hemmings-Gaiphon, G.S. and Freitas, M. (1990). 'Health benefits of water and sanitation in San Antao, Cape Verde'. In : *Water Quality Bulletin*, vol.15, no.1, p.18-22.

Heynen, H.A. (1981). *Watervoorzienings- en rioleringsprojecten : verslag van een missie uitgevoerd ten behoeve van de Inspectie Ontwikkelingssamenwerking te velde*. The Hague, The Netherlands, Ministry of Foreign Affairs, Directorate for International Cooperation.

Hirschman, D.(1990). 'Malawi's 'captured' peasantry : an empirical analysis. In : *The Journal of Developing Areas*, vol.24, no.4, p.467-488.

Hofkes, E.H. and Visscher, J.T. (1986). *Artificial groundwater recharge for water supply of medium-size communities in developing countries*. (Occasional Paper; no.9). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Hofkes, E.H., Huisman, L., Sundarsen, B.B., De Azevedo Netto, J.M. and Lanoix, J.N. (1986). *Small community water supplies*. (Technical Paper Series; no. 18). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Holmes, J.R. (1984). *Managing solid wastes in developing countries*. Chichester, England, John Wiley.

Hoy, D.R. and Belisle, F.J. (1984). 'Environmental protection and economic development in Guatemala's Western Highlands'. In : *The Journal of Developing Areas*, vol.18, no.2, p.161-176.

Huisman, L. and Kop, H. (1986). 'Artificial recharge of ground-water'. In : *Nature and Resources*, vol.XXII, no.1&2, p.6-12.

Hubbs, S.A. (1985). *Understanding water supply and treatment for individual and small community systems*. Washington, DC, USA, Volunteers in Technical Assistance.

Hutton, L.G. and Lewis, W.J. (1980). 'Nitrate pollution of groundwater in Botswana'. In : Pickford, John and Ball, Susan (eds.). *Water and waste engineering in Africa : 6th WEDS Conference 24-28 March 1980 : proceedings*. Loughborough, UK, Loughborough University of Technology, WEDS Group, p.112-115.

IDRC (1989). *Project summary of pollution load in the Msimbazi Stream (Tanzania)*. Ottawa, Canada, IRDC. Unpublished File 3-P-87-0173.

IRC and IDRC (1988). *Handpumps : issues and concepts in rural water supply programmes*. (Technical Paper Series; no. 25). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

IWSA (1987). *Protection of resources : how to work in water supply*. (Booklet; no.1.7). London, UK, International Water Supply Association.

Jager, A.L. de (1989). *Village water reservoirs project, Tamale, Ghana : models for the prediction of soil erosion and silt sedimentation in artificial lakes in Northern Ghana in order to determine life time*. Utrecht, The Netherlands, SAWA.

Jensen, H. (1989). *Personal communication*. Copenhagen, Denmark, DANIDA.

Jordan, D.J. (1980). *Handbook of gravity-flow water systems*. Kathmandu, Nepal, UNICEF.

Kalbermatten, J.M., Julius, D.S., Gunnerson, C.G. and Mara, D.D. (1982). *Appropriate sanitation alternatives : a planning and design manual*. (World Bank Studies in Water Supply and Sanitation; no.2). Baltimore, USA, Johns Hopkins University Press.

Katko, T. (1989). *Personal communication*. Tampere, Finland, Tampere University of Technology.

Kauzeni, A.S. (1981). *Villagers' expectations and attitudes towards traditional and improved water supplies and pre-conditions for successful rural water development programmes : the case study of Rukwa region*. (Research Report; no. 50). Dar es Salaam, Tanzania, Bureau of Resources Assessment and Land Use Planning.

Kebede, H. (1978). *Improving village water supplies in Ethiopia : a case study of socio-economic implications*. Addis Ababa, Ethiopia, United Nations Economic Commission for Africa.

Khamala, C.P.M. (1977). 'Insects of medical and veterinary importance associated with water resources and some aspects of their control by water resource management'. In : Castelino, J.B. and Khamala, C.P.M. *The role of water resources in development proceedings of the 13th annual symposium of the East African Academy, September 1977*. Nairobi, Kenya, National Academy for Advancement of Arts and Science, p.130-135.

- Klomberg, A. (1989). *Personal communication*. The Hague, The Netherlands, SNV-Netherlands Organization for International Cooperation.
- Koning, H.W. de (1987). *Setting environmental standards : guidelines for decision-making*. Geneva, Switzerland, World Health Organization.
- Kop (1989). *Personal communication*. Delft, The Netherlands, Delft University of Technology, Vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheering.
- Lal, R. and Russell, E.W. (1981). *Tropical agricultural hydrology*. Chichester, England, John Wiley.
- Lane, J. (1989). *Personal communication*. Katmandu, Nepal, Wateraid.
- Langenegger, O. (1987). *Groundwater quality in rural areas of western Africa*. Abidjan, Ivory Coast, World Bank Regional Water and Sanitation Group.
- Laugeri, L. (1990). *Legal issues in community water supply and wastewater disposal : paper presented at the Consultation on Legal Issues in Health Oriented Water Management, 24-28 September. Draft*. Geneva, Switzerland, World Health Organization.
- Laugeri, L. and Hespanhol, I. (1990). *Waste water reuse : some management, economic and legal issues : working meeting on drinking water source protection, 30 June - 1 July, 1990*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.
- Lee, M.D. (1990). *Drinking water source protection : problems, causes and needs : working meeting report*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.
- Lee, M.D. and Visscher, J.T. (1990). *Water harvesting in five African countries*. (Occasional Paper Series; no. 14). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.
- Lewis, W.J., Foster, S.S.D. and Drasar, B.S. (1980a). *The risk of pollution by on-site sanitation in developing countries : a literature review*. (IRCWD Report; no.01/82). Duebendorf, Switzerland, International Reference Centre for Waste Disposal.
- Lewis, W.J., Farr, J.L., and Foster, S.S.D. (1980b). 'The pollution hazard to village water supplies in eastern Botswana'. In : *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*. Part2, vol.69.
- Lewis, W.J., Foster, S.S.D., Read, G.H. and Schertenleib, R. (1981). 'The need for an integrated approach to water-supply and sanitation in developing countries'. In : *The Science of the Total Environment*, vol.21, p.53-59.

Lloyd, B. (1990). *Diagnostic surveillance for risk assessment, protection and improvement of drinking water sources in Indonesia : working meeting on drinking water source protection, 30 June - 1 July, 1990*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Lloyd, B. (1982). 'Water quality surveillance'. In : *Waterlines*, vol.1, no.2, p.19-23.

Lloyd, B. and Suyati, S. (1989). 'A pilot rural water surveillance project in Indonesia'. In : *Waterlines*, vol.7, no.3, p.10-13.

Lloyd, B. and Helmer, R. (1990). *Surveillance of drinking water quality in rural areas*. Harlow, UK, Longmans.

Maanen, van (1989). *Personal communication*. Amersfoort, The Netherlands, DHV.

Mandia (1987). *Personal communication*. District Water Engineer's Office, Songea Rural District, Ruvema Region, Tanzania.

Mgeni, A.S.M. (1988). 'Woodlands going up in smoke : tobacco and the environment in Tanzania'. In : *Development and Cooperation*, no.2, p.17-18.

Mishra, B.K. and Ramakrishnan, P.S. (1983). 'Slash and burn agriculture at higher elevations in north-east India : 1. sediment, water and nutrient losses'. In : *Agriculture and Environment*, vol.9, no.1, p.69-82.

Morgan, R.P.C. (1981). *Soil conservation*. Chichester, UK, John Wiley.

Morgan, R.P.C. (1985). *Soil erosion and conservation*. Soil Science Society of America.

Mosha, A.C. (1989). *Urban environment mismanagement in Tanzania : paper presented at the seminar on the environment in Tanzania, 23-25 October*. Dar es Salaam, Tanzania, Goethe Institute and Ardhi Institute.

Mowli, P.P. and Seshaiyah, K. (1988). 'Nitrate contamination of groundwater in an unsewered town : a case-study of Tirupati'. In : *Asian Environment*, vol.10, no.1, p.23-26.

Myhrstad, J.A. and Haldorsen, O. (1984). 'Drinking water in developing countries : the minimum treatment philosophy : a case study'. In : *Aqua*, . no.2, p.86-90.

Nair, C. (1988). 'Bangkok's deteriorating groundwater: environmental issues'. In : *14th WEDC Conference : water and urban services in Asia and the Pacific : Kuala Lumpur, 11-15 April 1988* Loughborough, UK, Loughborough University of Technology, WEDC group, p.67-70.

Nakai, J. (1989). *Personal communication*. Nairobi, Kenya, UNEP.

Ngainayo, C.M. (1986). *Disposal of solid wastes in Moshi and Arusha towns, Tanzania*. (Water Supply and Sanitation Publication; no. 30). Tampere, Finland, Tampere University of Technology.

Nilsson, A. (1988). *Groundwater dams for small-scale water supply*. London, UK, Intermediate Technology Publications.

Norconsult, (1981). *Water master plans for Rukwa and Kigoma regions : interim report : part IV : selected working papers*. Hovik, Norway, Norconsult.

Nordberg, E. and Winblad, U. (1990). *Environmental hygiene in SIDA-supported programmes in Africa : review and recommendations*. Stockholm, Sweden, Swedish International Development Authority.

Nyangeri, E.E.N. (1986). *Rehabilitation of hand-dug wells and protected springs in Kisii, Kenya*. (Water Supply and Sanitation Publications; no. 29). Tampere, Finland, Tampere University of Technology.

Okun, D. (1990). 'Water reuse in developing countries'. In : *Water and Wastewater*, vol.5, no.1, p.13-21.

Okun, D.A. and Ernst, W.R. (1987). *Community piped water supply systems in developing countries : a planning manual*. (Technical Paper; no. 60). Washington, DC, USA, World Bank.

Perry, J.A. and Dixon, R.K. (1986). 'An interdisciplinary approach to community resource management : preliminary field test in Thailand'. In : *The Journal of Developing Areas*, vol.21, no.1, p.31-48.

Pickford, J. (1984). 'The solid waste problems of poor people in Third World cities'. In : Holmes, J.R. *Managing solid wastes in developing countries*. Chichester, England, John Wiley, p.29-45.

Poyet, P. and Detay, M. (1988). *Un système expert d'aide à l'implantation de forages en hydraulique villageoise*. (Rapports de recherche; no. 936). Le Chesnay, France, Institut National de Recherche en Informatique.

Raay, H. van, Laar, A. van de, Broek, J. van den, Bosscher, A., Lucasse, C. and Roux I. le (1980). *The environment and the Netherlands programme for bilateral development cooperation : a report commissioned by the Netherlands Minister for Development Cooperation*. The Hague, The Netherlands, Institute of Social Studies.

Rahman, A.F. (1987). *Groundwater pollution from on-site sanitation in Dhaka, Bangladesh*. Bangkok, Thailand, Asian Institute of Technology, MSc Thesis, no. EV-87-10.

Ram Bilas, Tripathi, B.D. and Singh Ranga, P.B. (1981). 'Problems of Ganga water pollution in Varanasi : a study of environmental planning'. In : *Proceedings of symposium on ecology and resource management in the tropics, Bhopal, India, 5 - 10 October*.

Reddy, T.V.K. (1987). 'Effects of distillery waste water discharges on rivers : a case study of Neeva River, Chittoor District, Andhra Pradesh, India'. In : *Asian Environment*, vol.9, no.2, p.20-22.

Roark, P. (1984). 'Women and water'. In : Bourne, P. (ed.). *Water and sanitation, economic and sociological perspectives*. Orlando, FL, USA, Academic Press, p.49-68.

Rogers, N. (1985). *Water sources and their protection : a guide to community water source protection and designs for a spring protection and well digging programme*. Oxford, UK, Oxfam.

Rushton, K.R. and Phadtare P.N. (1989). 'Artificial recharge pilot projects in Gujarat, India'. In : Sahuquillo, A., Andrew, J. and O'Donnell, T. *Proceedings of symposium on groundwater management : quantity and quality, Benidorm, Spain 2-5 October, 1989*. (IAHS Publication; no. 188). Wallingford, UK, International Association of Hydrological Sciences, p.533-545.

Sechu, L.M. (1986). *Drinking water quality control in Mtwara and Lindi Regions, Tanzania*. (Water Supply and Sanitation Publication Series; no. B. 20). Tampere, Finland, Tampere University of Technology.

Shiva, V. (1988). *Staying alive : women, ecology and development*. London, UK, Zed Books.

Shukla, B.V. (1984). 'Drinking water problem in coastal region of Saurashtra'. In : *Journal of the Indian Water Works Association*, vol.XVI, no.1, p.59-63.

SIDA, (1987). *Afya kutoka na usafi wa mazingira na maji. Mpango wa mafunzo kwa vikundi. Sehemu ya kwanza*. Hesawa Project (in Swahili).

Sinnarkar, S.N., Kesarwani, S.K. and Bhat, S.G. (1987). *River Ganga : an overview of environmental research*. Nagpur, India, NEERI.

Smet, J. (1989). *Personal communication*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Stanislowski, D. (1990). *Personal communication*. Dar es Salaam, Tanzania, UNDP/ILO Special Public Works Programme.

Strauss, M. (1989). *Personal communication*. Duebendorf, Switzerland, IRCWD.

Sudan Council of Churches (1986). *Water and sanitation situation Munuki area/Juba, 1986 : survey*. Khartoum, Sudan, Sudan Council of Churches.

Sundaresan, B.B., Paramasivam, R., and Mhaisalkar, V.A. (1982). *Technology choice for rural water supply : paper presented at the Commonwealth Science Council Workshop on Rural Drinking Water Supply, 10-13 May, Madras*. Nagpur, India, NEERI.

Suresh Chandra and Krishna, G. (1983). 'Effect of tannery waste disposal on the quality of the River Ganga at Kanpur'. In : *Pollution Research*, vol.2, no.2, p.63-64.

Tripathi, B.D. and Sikandar, M. (1981). *Pollution load on Ganga water at Varanasi : proceedings of symposium on Ecology and Resource Management in the Tropics, Bhopal, India, 5 - 10 October*.

UN ACC Task Force on Rural Development, Panel on Monitoring and Evaluation (1984). *Guiding principles for the design and use of monitoring and evaluation in rural development projects and programmes*. Rome, Italy, International Fund for Agricultural Development.

UNEP (undated). *Asian environmental resources for development : part I : Asian Environment*, Nairobi, Kenya, UNEP.

UNEP (1986). *The state of the environment : environment and health*. Nairobi, Kenya, UNEP.

UNEP (1989). *The state of the world environment, 1989*. Nairobi, Kenya, UNEP.

UNIDO (1983). *Formulation of pesticides in developing countries*. New York, NY, USA, UNIDO.

Vos, J. (1989). *Personal communication*. Wageningen, The Netherlands, ILRI.

Wandiga, S.O. (1977). 'Analysis of chemical pollution in some Kenyan water systems with special reference to Lake Nakuru'. In : Castelino, J.B. and Khamala, C.P.M. *The role of water resources in development : proceedings of the 13th annual symposium of the East African Academy, September 1977*. Nairobi, Kenya, National Academy for Advancement of Arts and Sciences. p120-123.

Ward, C.F. (1989). 'Groundwater quality monitoring in relation to on-site sanitation in developing countries'. In : *Journal of the Institute of Water and Environmental Management*, no.3, p.295-302.

Ward, C.F. and Foster, S.S.D. (1981). *On-site sanitation and groundwater quality : a methodology for monitoring*. Duebendorf, Switzerland, International Reference Centre for Waste Disposal.

Wellings, F.M., Lewis, A.L., Mountain, C.W. and Pierce, L.V. (1975). 'Demonstration of virus in groundwater after effluent discharge onto soil'. In : *Applied Microbiology*, vol.29, no.6, p.751-757.

Wenner, C.G. (1981). *Soil conservation in Kenya*. Nairobi, Kenya, Soil Conservation Extension Unit, Ministry of Agriculture.

WHO (1968). *Research into environmental pollution*. (Technical Report Series; no. 406). Geneva, Switzerland, World Health Organization.

WHO (1985a). *Drinking water quality control in small community supplies : guidelines for drinking water quality : vol.3*. Geneva, Switzerland, World Health Organization.

WHO (1985b). *Environmental pollution control in relation to development*. (Technical Report Series; no. 718). Geneva, Switzerland, World Health Organization.

WHO, (1985c). *Safe use of pesticides*. (Technical Report Series; no. 720). Geneva, Switzerland, World Health Organization.

WHO, (1989). *UNEP/WHO project on control of drinking water quality in rural areas : report of a review meeting at the WHO Collaborating Centre for the Protection of Drinking Water Quality and Human Health, Robens Institute, Guildford, 31 October to 4 November 1989*. Geneva, Switzerland, World Health Organization.

WHO (1990). *Proceedings of the Meeting of the Operation and Maintenance Working Group, vol. I : report of the meeting*. WHO/CWS/90.14. Geneva, Switzerland, World Health Organization.

Wihuri, H. (1989). *Personal communication*. Helsinki, Finland, FINNIDA.

Wijk-Sijbesma, C. van (1984). *Participation and education in community water supply and sanitation programmes : a literature review*. (Technical Paper Series; no. 12). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Wijk-Sijbesma, C. van (1985). *Participation of women in water supply and sanitation : roles and realities*. (Technical Paper Series; no. 22). The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Wijk-Sijbesma, C. van (1989). *Personal communication*. The Hague, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre.

Winblad, U. and Kilama, W. (1985). *HESAWA sanitation study*. Stockholm, Sweden, SIDA.

Woldeye (1990). *Personal communication*. Catholic Diocese of Nakuru, Kenya.

World Commission on Environment and Development (1987). *Our common future*. Oxford, UK, Oxford University Press.

Water Research Centre (1989). *Disinfection of rural and small-community water supplies : manual for design and operation*. Medmenham, UK, Water Research Centre.