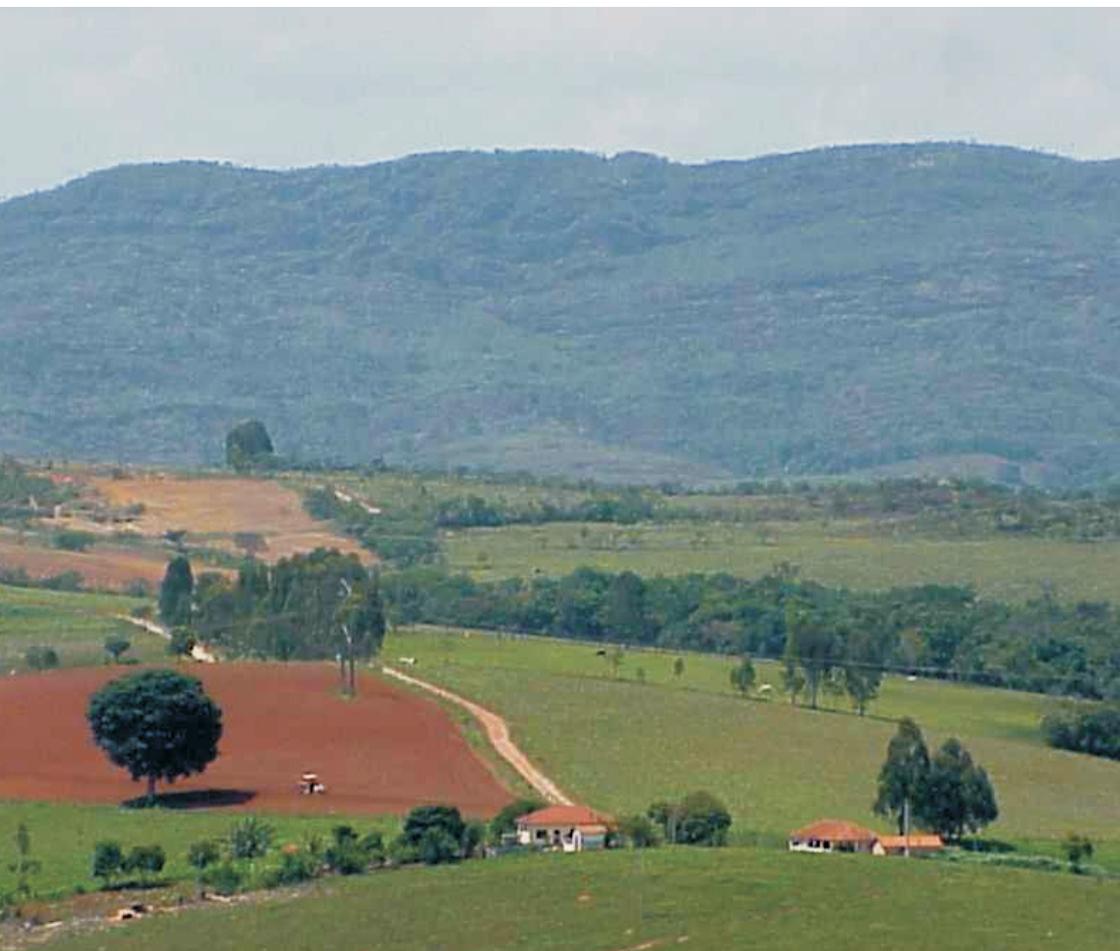


Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-5111

Dezembro, 2002

Documentos 57

Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato

Álvaro Vilela de Resende

Planaltina, DF
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73301-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Supervisão editorial: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira /*

Jaime Arbués Carneiro

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Capa: *Chaile Cherne Soares Evangelista*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Jaime Arbués Carneiro

1ª edição

1ª impressão (2002): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Cerrados.

R433a Resende, Álvaro Vilela de.

Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato /
Álvaro Vilela de Resende. – Planaltina : Embrapa Cerrados, 2002.
29 p. - (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; n. 57)

1. Água - contaminação. 2. Nitrato. I. Título.
II. Série.

631.7 - CDD 21

© Embrapa 2002

Autor

Álvaro Vilela de Resende

Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Cerrados,

alvaro@cpac.embrapa.br

Apresentação

A gestão do uso da água é um assunto que tem despertado o interesse de diferentes segmentos da sociedade no Brasil. Neste contexto, cresce a preocupação em termos da quantidade e da qualidade dos nossos recursos hídricos.

Parte dos problemas de qualidade da água deve-se à contaminação dos mananciais por nutrientes, em especial, pelo nitrogênio na forma de nitrato, sendo a agricultura uma importante fonte poluidora. Sob determinadas condições de solo e clima, o uso excessivo ou o manejo inadequado de fertilizantes minerais ou orgânicos pode acarretar o enriquecimento da água em nutrientes, provocando prejuízos ao ambiente e à própria saúde humana.

Neste documento são abordados os principais aspectos relacionados ao excesso de nutrientes na água, com ênfase para as causas, as conseqüências, os riscos e o controle da contaminação de aquíferos por nitrato em áreas agrícolas.

Carlos Magno Campos da Rocha
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	9
A água como um recurso natural estratégico	10
O uso agrícola da terra e a qualidade da água	11
Qualidade da água de mananciais de superfície	11
Qualidade da água de mananciais subterrâneos	12
Contaminação da água por nutrientes	13
Contaminação por fósforo	13
Contaminação por nitrogênio (nitrato)	13
Problemas associados ao excesso de nitrato na água	14
<i>Impacto ambiental</i>	14
<i>Saúde animal</i>	15
<i>Saúde humana</i>	15
<i>Impacto econômico</i>	16
Origem da contaminação por nitrato nas áreas agrícolas	16
<i>Decomposição de resíduos orgânicos e fixação biológica de nitrogênio</i>	16
<i>Lixiviação em áreas de fossas sépticas e depósitos de estercos e camas de animais</i>	17

<i>Uso de fertilizantes minerais, esterco e outras fontes de N ...</i>	17
Fatores que influenciam o potencial de contaminação da água por nitrato	18
<i>Profundidade do lençol freático ou do aquífero subterrâneo</i>	18
<i>Permeabilidade do solo</i>	19
<i>Capacidade de o solo reter nitrato</i>	22
<i>Quantidade e época de aplicação de fertilizantes nitrogenados</i>	22
<i>Condições climáticas e manejo da irrigação</i>	22
<i>Cultura estabelecida</i>	23
Levantamento e monitoramento das regiões de risco de contaminação	23
Medidas de controle do excesso de nitrato na água	24
<i>Tratamento da água contaminada ou diluição</i>	24
<i>Construção adequada das instalações nas fazendas</i>	24
<i>Controle da erosão e manejo do solo</i>	24
<i>Correto dimensionamento da adubação e da época de aplicação</i>	25
<i>Uso de fertilizantes de liberação retardada e inibidores da nitrificação</i>	25
Conclusão	26
Referências Bibliográficas	26
Abstract	29

Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato

Álvaro Vilela de Resende

Introdução

No Brasil, há poucos anos, a gestão de recursos hídricos não era assunto prioritário em nenhuma das esferas de planejamento e nem mesmo no âmbito científico, situação essa que possivelmente era devida à grande abundância de água na maior parte do território nacional. Contudo, há tempos são conhecidos diversos exemplos de outras regiões do planeta onde, por causas naturais ou induzidas, áreas antes bem providas desse recurso tornaram-se altamente restritivas às atividades humanas quando a falta d'água passou a ser fator limitante.

Recentemente, a grande preocupação nacional tem sido em relação à redução da **quantidade** de água nos rios, com o comprometimento do abastecimento nas áreas urbanas e rurais, além do efeito direto na capacidade de operação das hidrelétricas, produtoras da energia que move o País. Tal situação tem sido relacionada à falta de chuvas, embora se saiba que a justificativa não seja tão simples, existindo, na realidade, um conjunto de causas que engloba o desequilíbrio do ciclo hidrológico e o mal uso da água nas áreas de exploração agrícola e nas cidades.

De forma talvez menos visível, a cada dia, a água com **qualidade** adequada ao consumo humano vem-se tornando mais escassa, o que tem chamado a atenção da comunidade científica e da sociedade organizada para a fragilidade dos ciclos naturais responsáveis pela renovação e pela disponibilidade da água que tem sido utilizada desde os primórdios das civilizações em diferentes partes do mundo.

Como consequência do crescimento vertiginoso das atividades urbanas e agropecuárias, experimentado pela maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, há indicativos de que a qualidade da água pode ser comprometida, de maneira tal que o homem ainda não dispõe de meios para reversão do problema. Assim sendo, a alternativa técnica e econômica parece ser o controle efetivo dos fatores e processos que levam à contaminação da água.

Nesse contexto, este trabalho objetiva abordar a problemática da contaminação da água por nutrientes, especialmente o nitrogênio, em decorrência das atividades agrícolas.

A água como um recurso natural estratégico

Ao analisar a distribuição da água no planeta, mesmo com base nas estimativas bastante genéricas, chega-se à conclusão preocupante de que se trata de um recurso natural esgotável (não renovável) e muito mais escasso do que se pode imaginar.

De acordo com os dados levantados por [Lima \(2001a\)](#), cerca de 80% da superfície da Terra é composta de água, assim distribuída: mais de 97% estão nos oceanos e o restante (menos de 3%) nas reservas de água doce, as quais, em princípio, seriam apropriadas para consumo. Adicionalmente, é preciso atentar para o fato de que as geleiras nos círculos polares representam 77% da água doce, 22% são águas subterrâneas e apenas 1% encontra-se na superfície, presente nos rios, lagos, açudes e represas. Dessa forma, cerca de 60% do consumo global de água potável é extraído de reservatórios subterrâneos não renováveis.

[Gazzoni \(2001\)](#) cita as previsões da ONU de que, nos primeiros 50 anos do século 21, o planeta terá uma população entre 9 e 10 bilhões de pessoas e a demanda por água crescerá em taxas superiores às de alimentos, já que, em face do cenário atual da agricultura mundial, para produzir mais alimentos haverá, sem dúvida, maior requerimento de água para irrigação.

O Brasil detém 19% do potencial de água doce disponível no mundo ([Lima, 2001b](#)). Em outro extremo, tem-se como exemplo o Japão que já importa água doce da Coreia do Sul. Há quem vislumbre, num futuro não muito distante, a

existência de mecanismos de comercialização de água doce, uma vez que os processos utilizados para dessalinização da água do mar operam em pequena escala e a custos muito elevados. Contrastando com esse cenário, no Brasil, as taxas de desperdício de água chegam a 40% na rede pública de distribuição ([Lima, 2001a](#)).

O uso agrícola da terra e a qualidade da água

Uma vez que os mananciais de água não são estáticos, a contaminação de determinada área pode se estender por toda uma região e muitas vezes não é possível discriminar a origem do contaminante; como é o caso dos grandes rios poluídos, tanto pelas atividades agrícolas, quanto pelos efluentes urbanos.

A poluição da água por variados tipos de detritos (ex.: embalagens vazias, lixo, sedimentos), compostos orgânicos (ex.: moléculas de defensivos), elementos químicos tóxicos (ex.: metais pesados) ou nutrientes (ex.: nitrato, fósforo) e microrganismos indesejáveis (ex.: bactérias e vírus nocivos à saúde) tem sido frequentemente detectada em diferentes regiões do mundo ([Ongley, 2002](#)).

Embora não seja o único agente responsável pela perda da qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, contribui para a degradação dos mananciais. Isso pode dar-se por meio da contaminação dos corpos d'água por substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas e, ainda, por agentes biológicos. Amplamente empregadas, muitas vezes de forma inadequada, as aplicações de defensivos, de fertilizantes e de resíduos derivados da criação intensiva de animais são tidos como as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais.

Ao longo deste texto, ênfase será dada aos problemas relacionados à contaminação da água por nutrientes.

Qualidade da água de mananciais de superfície

Os rios, lagos, represas e açudes podem receber grandes quantidades de nutrientes, principalmente em regiões de solos desprotegidos. Juntamente com as partículas arrastadas pela água durante o escoamento superficial ou em outros processos erosivos, os nutrientes, presentes na superfície do solo, são perdidos das áreas agrícolas e atuarão como contaminantes da água, podendo

trazer diversas conseqüências negativas ao ambiente e à saúde dos animais e do homem, como será detalhado a seguir.

Para se avaliar a extensão desse problema, basta lembrar que a maior parte do território brasileiro é cortada por cursos d'água que garantem o abastecimento das fazendas e comunidades desde os vilarejos até as metrópoles. Na maior parte do País, as reservas de água superficiais constituem a principal fonte de água para o consumo humano direto e para a utilização nas mais diversas finalidades.

Qualidade da água de mananciais subterrâneos

A utilização de águas subterrâneas tem aumentado intensamente não só no mundo todo como também no Brasil. Essa situação deve-se à ocupação de áreas menos providas de reservas de água de superfície (ex.: regiões semi-áridas), ao abastecimento de água para irrigação e à busca por captação de água de melhor qualidade em regiões já poluídas. Conforme dados disponibilizados no site da Universidade de Purdue, nos Estados Unidos, mais de 75% das cidades e 95% das fazendas dependem da água subterrânea para atendimento da totalidade ou de parte de suas necessidades básicas de consumo.

Em princípio, os aquíferos subterrâneos encontram-se mais protegidos da contaminação, mas essa ocorre quando, no processo chamado lixiviação, a água da chuva ou de irrigação ao percolar o solo arrasta consigo substâncias dissolvidas que poderão ter como destino o lençol freático ou os aquíferos profundos. A intensidade de lixiviação é afetada pelas interações peculiares que se estabelecem entre elementos químicos em formas iônicas e a fase sólida do solo, principalmente, reações de adsorção as quais condicionam maior ou menor retenção dos íons nas partículas do solo. Assim, a natureza do nutriente e os atributos químicos e físicos do solo são os principais fatores que condicionam a movimentação de um dado nutriente em profundidade e, conseqüentemente, o seu potencial de contaminação.

O conhecimento do processo de degradação dos corpos d'água subterrâneos é de grande importância, pois, em última instância, são esses aquíferos que possibilitam a recarga dos mananciais de superfície. Além disso, o tempo de ciclagem dessas águas (e a possível descontaminação) é de no mínimo algumas dezenas de anos, período muito longo, portanto, para que a natureza consiga o reequilíbrio do sistema.

Contaminação da água por nutrientes

A presença de nutrientes na água é parte dos ciclos normais da natureza e para a maioria dos nutrientes vegetais não têm sido relatados problemas em relação a níveis excessivos. O problema de contaminação fica restrito a alguns micronutrientes e, principalmente, ao nitrogênio (N) e fósforo (P).

Micronutrientes como zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn), em situações específicas de certas atividades agrícolas, e, principalmente industriais, podem concentrar ou acumular no solo e eventualmente atingir a água. Ao que tudo indica, em geral, esses metais pesados têm menor mobilidade no solo e assim a ocorrência de contaminação mais provável seria por meio de processos erosivos.

Contaminação por fósforo

Em virtude da forte retenção do fósforo pelas partículas do solo, o processo de poluição da água subterrânea por lixiviação de fosfatos é de magnitude desprezível, especialmente, em solos tropicais. Ademais, analisando os inúmeros casos de acréscimo de fósforo nas águas superficiais, verifica-se que o escoamento superficial de água e a erosão dos solos são os principais agentes da contaminação em áreas agrícolas ([Isherwood, 2000](#)).

No que se refere à saúde, o enriquecimento da água com o fósforo não traz maiores problemas, já que se trata de um elemento requerido em elevadas quantidades pelos animais. Entretanto, esse enriquecimento traz sério problema em termos de desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos devido ao processo de eutrofização. Esse processo será detalhado no item referente à contaminação por nitrato.

As medidas de controle da eutrofização por fósforo, nas áreas de exploração agrícola, restringem-se, basicamente, ao correto dimensionamento das adubações associado às práticas conservacionistas de controle da erosão do solo.

Contaminação por nitrogênio (nitrato)

Das diversas formas de nitrogênio presentes na natureza, a amônia (NH_3) e, em especial, o nitrato (NO_3^-) podem ser causas da perda de qualidade da água.

Embora a amônia, quando presente na água em altas concentrações, possa ser letal aos peixes pela toxicidade que representa para esse grupo da fauna, a

amônia originada no solo ou aplicada via fertilizantes tende a ser rapidamente convertida em amônio (NH_4^+) e esse, por sua vez, é convertido em nitrato pelo processo microbiano da nitrificação.

Portanto, o nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias. Isso ocorre pelo fato de que o ânion nitrato, caracterizado por ser fracamente retido nas cargas positivas dos colóides, tende a permanecer mais em solução, principalmente, nas camadas superficiais do solo, nas quais a matéria orgânica acentua o caráter eletronegativo da fase sólida (repelindo o nitrato), e os fosfatos aplicados na adubação ocupam as cargas positivas disponíveis. Na solução do solo, o nitrato fica muito propenso ao processo de lixiviação e ao longo do tempo pode haver considerável incremento nos teores de nitrato nas águas profundas.

A intensidade do processo de contaminação depende principalmente das quantidades de nitrato presentes ou adicionadas ao solo, da permeabilidade do solo, das condições climáticas (pluviosidade) e de manejo da irrigação e da profundidade do lençol freático ou aquífero ([Bhumbla, 2001](#)).

Merece destaque o fato de que a elevação dos teores de nitrato na água é indicativo de risco potencial para a presença de outras substâncias indesejáveis, tais como muitas moléculas sintéticas de defensivos agrícolas que possivelmente comportam-se de forma análoga ao nitrato ([Nugent et al., 2001](#)).

Problemas associados ao excesso de nitrato na água ***Impacto ambiental***

Da mesma forma que ocorre para o fósforo, o enriquecimento excessivo das águas superficiais com nitrato leva à eutrofização dos mananciais.

Uma vez que as relações tróficas nos ambientes aquáticos são moduladas pela disponibilidade de N e P, o excesso de um desses nutrientes ocasiona o fenômeno chamado eutrofização (enriquecimento da água em nutrientes), o que favorece a proliferação exagerada de algas e plantas aquáticas. Como consequência, pode haver redução da penetração de luz na água, alterando o ambiente subaquático. Além disso, a própria respiração e os restos de plantas e algas mortas depositados no fundo provocam a redução na disponibilidade de oxigênio, culminando com a mortandade de peixes e outros organismos.

Saúde animal

Problemas podem ocorrer com os ruminantes (bovinos e ovinos) e alguns monogástricos (equínos) que apresentam certas bactérias no trato digestivo que convertem nitrato em nitrito, levando a uma forma de envenenamento ([Zublena et al., 2001](#)).

Saúde humana

Pessoas adultas podem ingerir quantidades relativamente altas de nitrato, por meio de alimentos e da água, e excretá-lo pela urina sem maiores prejuízos à saúde. Contudo, bebês menores de seis meses de idade possuem bactérias no trato digestivo que reduzem o nitrato a nitrito, podendo haver envenenamento. Quando o nitrito alcança a corrente sanguínea, ocorre reação com a hemoglobina, formando o composto metahemoglobina o qual diminui a capacidade de o sangue transportar oxigênio. Nessa situação, a criança pode sofrer asfixia ficando com a pele azulada, especialmente, ao redor dos olhos e da boca, sintomas típicos da metahemoglobinemia ou síndrome do bebê azul. A doença é letal quando 70% da hemoglobina do corpo é convertida em metahemoglobina ([Zublena et al., 2001](#)).

Recentemente, embora sem dados confirmados para o organismo humano (baseado apenas em estudos com uso de cobaias), altas concentrações de nitrato têm sido associadas à ocorrência de câncer estomacal ou de esôfago pela formação N-nitrosaminas, um potente agente carcinogênico derivado da interação do nitrito com aminas secundárias ([Nugent et al., 2001](#); [Zublena et al., 2001](#); [Leifert et al., 1999](#)).

Em face do risco que representa, a concentração de nitrato na água para consumo humano não deve exceder 10 mg L^{-1} de N-NO_3^- ou 44 mg L^{-1} de NO_3^- ; de acordo com os limites adotados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA ([Brasil, 1986](#)) e pelo Ministério da Saúde ([Brasil, 2001](#)). Tais limites são os mesmos adotados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA ([Ator & Ferrari, 2001](#)) e outras entidades ligadas ao monitoramento e à proteção ambiental.

Um problema adicional, indiretamente devido ao nitrato, está ligado à possibilidade de as pessoas intoxicarem-se ao consumir água de mananciais eutrofizados, contendo toxinas produzidas pelas algas que crescem excessivamente nesses ambientes.

Impacto econômico

O ônus financeiro para a sociedade, associado à contaminação da água por nitrato, deve-se a uma série de custos relacionados à detecção, à avaliação, à remediação e ao monitoramento dos problemas mencionados nos itens anteriores.

O aumento maciço das plantas aquáticas pode criar bancos de vegetação submersos que retêm sedimentos, dificultando a navegação. Outra situação que acarreta prejuízos econômicos é a interrupção do funcionamento de usinas hidrelétricas quando essas plantas aquáticas, presentes nos reservatórios, são sugadas pelo sistema de geração de energia.

Origem da contaminação por nitrato nas áreas agrícolas

À exceção do efeito da erosão que carrega fertilizantes e resíduos orgânicos para os cursos d'água, a mobilização excessiva do nitrato para os mananciais decorre normalmente de um desbalanço entre as taxas de suprimento de nitrogênio mineral (nitrato ou amônio) no solo e a capacidade de a vegetação de cobertura absorver e assimilar o nutriente, convertendo-o em formas orgânicas. Assim, quando no solo há nitrato em quantidade acima da que determinada cultura pode aproveitar, a chance de lixiviação do íon para camadas profundas não exploradas pelo sistema radicular é maior.

O nitrato ocorre naturalmente em baixas concentrações na água. O incremento dessa concentração pode se dar em diversas situações e não é relativo à presença de uma única fonte desse íon.

Decomposição de resíduos orgânicos e fixação biológica de nitrogênio

Em solos ricos em matéria orgânica ou com restos de cultura, a atuação de microrganismos heterotróficos, que decompõem resíduos orgânicos, contribui para a conversão de formas de nitrogênio orgânico para amônio (mineralização) e esse, pela nitrificação, é rapidamente oxidado a nitrato.

Muitas espécies de plantas leguminosas associam-se simbioticamente com bactérias capazes de promover a fixação do N_2 atmosférico, satisfazendo as exigências da planta em nitrogênio (ex.: rizóbio). Dependendo da eficiência da interação planta-microrganismo, quantidades elevadas de nitrogênio são

incorporadas ao solo (normalmente em formas orgânicas de fácil mineralização), com um efeito residual que permite ao agricultor reduzir consideravelmente a aplicação de fertilizante nitrogenado na cultura que sucede à leguminosa. Dessa forma, apesar de a fixação biológica de nitrogênio não alterar diretamente os teores de nitrato no solo, constitui uma forma adicional de suprimento de nitrogênio às plantas, o que pode, no balanço final, levar ao menor aproveitamento do nitrato advindo de outras fontes e favorecer sua perda por lixiviação.

Lixiviação em áreas de fossas sépticas e depósitos de esterco e camas de animais

O nitrato presente nos mais diversos tipos de dejetos pode infiltrar em camadas profundas do solo, por meio do chorume que escorre das pilhas de armazenamento de esterco ou diretamente de fossas sépticas e lagoas de decantação que recebem dejetos em misturas líquidas. Obviamente, instalações desse tipo em áreas de solos de alta permeabilidade e depósitos a céu aberto são mais propícias à ocorrência do problema. No entanto, essas são fontes pontuais de contaminação por nitrato, mais fáceis de serem identificadas e controladas.

Uso de fertilizantes minerais, esterco e outras fontes de N

A demanda de nitrogênio pelas culturas é muito elevada e, em geral, o nutriente é aplicado em grandes quantidades na adubação, sendo freqüentemente associado aos maiores ganhos de produtividade quando se usam práticas agrônomicas recomendadas para as diferentes culturas. Diante dessa situação, o agricultor realiza investimentos vultosos na compra e na aplicação de fertilizantes nitrogenados, aumentando as possibilidades de fornecimento excessivo ou inadequado de N.

Nas regiões onde se desenvolvem criações intensivas de animais (ex.: gado de corte ou de leite, suínos e aves), os esterco, camas e outros dejetos do rebanho precisam ser tratados adequadamente, e a forma mais econômica e conveniente de fazê-lo é por meio da sua utilização nas lavouras próximas ao local, em substituição total ou parcial aos fertilizantes minerais. Esse material de base orgânica não libera prontamente o nitrogênio para as culturas, sendo necessário que ocorra a mineralização, permanecendo sempre algum efeito residual. Aplicações continuadas e em doses elevadas podem liberar nitrato em quantidade superior àquela exigida pela cultura e, existindo excesso, a lixiviação é facilitada.

Mais recentemente, o tratamento do lixo e do esgoto começou a fazer parte das ações de saneamento em muitas cidades brasileiras, originando produtos como o composto de lixo tratado e o lodo de esgoto, os quais podem ser empregados como fertilizantes. Pode-se considerar que o efeito desses produtos no solo, e os riscos de contaminação da água por nitratos são similares aos que se verificam em relação aos esterco.

Sem dúvida, no mundo todo, áreas de agricultura intensiva com altas produtividades recebem aplicações de produtos nitrogenados em quantidade e frequência muitas vezes excessivas. Os fertilizantes nitrogenados minerais e os esterco manejados inadequadamente são apontados como as maiores fontes difusas de contaminação da água por nitrato em áreas agrícolas. A grande dificuldade está em se dimensionar corretamente a adubação, considerando a reserva do solo, a exigência das culturas, as condições climáticas (de difícil previsibilidade) e edáficas, bem como a taxa de liberação de nitrogênio pelos diferentes fertilizantes, etc.

Fatores que influenciam o potencial de contaminação da água por nitrato

Nas áreas rurais, eliminando-se os problemas relativos à erosão, a contaminação da água por nitrato depende de fatores que favorecem a lixiviação do íon, permitindo sua chegada aos mananciais subterrâneos de água.

Profundidade do lençol freático ou do aquífero subterrâneo

Em princípio, quanto mais próximo o corpo d'água se encontrar em relação à superfície do solo, tanto menor será o caminho a ser percorrido pelo íon nitrato até atingir a água. A ocorrência de perfis profundos reduz ou retarda o risco de contaminação. Camadas rochosas ou de adensamento forçam o deslocamento horizontal, mas podem existir fraturas ou falhas nessas camadas que permitem a passagem dos íons. Têm-se comprovado, em alguns estudos, que o excesso de nitrato é mais comumente detectado em poços de abastecimento de água mais rasos, com menos de 15 metros de profundidade ([Cook, 2001](#); [Ator & Ferrari, 2001](#)). É pertinente observar que em boa parte dos solos brasileiros, altamente intemperizados, o manto de intemperismo é bastante espesso, e o lençol freático localiza-se em maiores profundidades, o que contribui para diminuir o risco de contaminação nesses ambientes.

Permeabilidade do solo

A probabilidade de lixiviação de nitrato é, em geral, tanto maior quanto maior a permeabilidade do solo. Todos os atributos do solo (notadamente a textura arenosa) que favorecem a infiltração tornam a área mais vulnerável à contaminação da água subterrânea.

Nesse sentido, solos com textura grosseira, elevada macroporosidade e menor capacidade de retenção de água (de drenagem rápida), que recebem doses elevadas de nitrogênio na fertilização das culturas, sob elevada precipitação pluviométrica ou irrigação com aplicação de água em excesso, caracterizam as condições de maior risco de contaminação de aquíferos subterrâneos, como, por exemplo, tem sido constatado em algumas regiões dos Estados Unidos ([Figuras 1 e 2](#)) onde muitos poços apresentam níveis de nitrato acima de 44 mg L^{-1} de NO_3^- (10 mg L^{-1} de N-NO_3^-), podendo-se recomendar sua inativação.

Por sua vez, características do solo ligadas à retenção de água, tais como microporosidade, teor de matéria orgânica e capilaridade (que permitem a ascensão do nitrato durante a evaporação), indiretamente influem na retenção do nitrato na camada superficial, mantendo-o por mais tempo em condição de ser aproveitado pelas raízes da planta cultivada.

A contaminação da água por nitrato é menor em solos argilosos nos quais a água move-se lentamente e em pequenas distâncias. Além disso, o espaço poroso fica normalmente preenchido com água, o que provoca menor pressão de oxigênio, situação em que passam a atuar bactérias denitrificadoras que utilizam o nitrato como receptor de elétrons no seu metabolismo anaeróbico, convertendo-o a N_2O e N_2 , formas de N gasoso que podem migrar para a atmosfera ([Bhumbla, 2001](#)). De acordo com [Mueller & Helsel \(2001\)](#), solos com drenagem deficiente, matéria orgânica abundante, associados a temperaturas e à pluviosidade mais elevadas restringem a formação de nitrato em certas regiões.

Há também indicativos de que aquíferos subterrâneos, localizados em regiões de rochas carbonatadas (calcárias), são mais vulneráveis à contaminação do que quando material mais compacto e impermeável constitui o leito rochoso abaixo do solo ([Ator & Ferrari, 2001](#)).

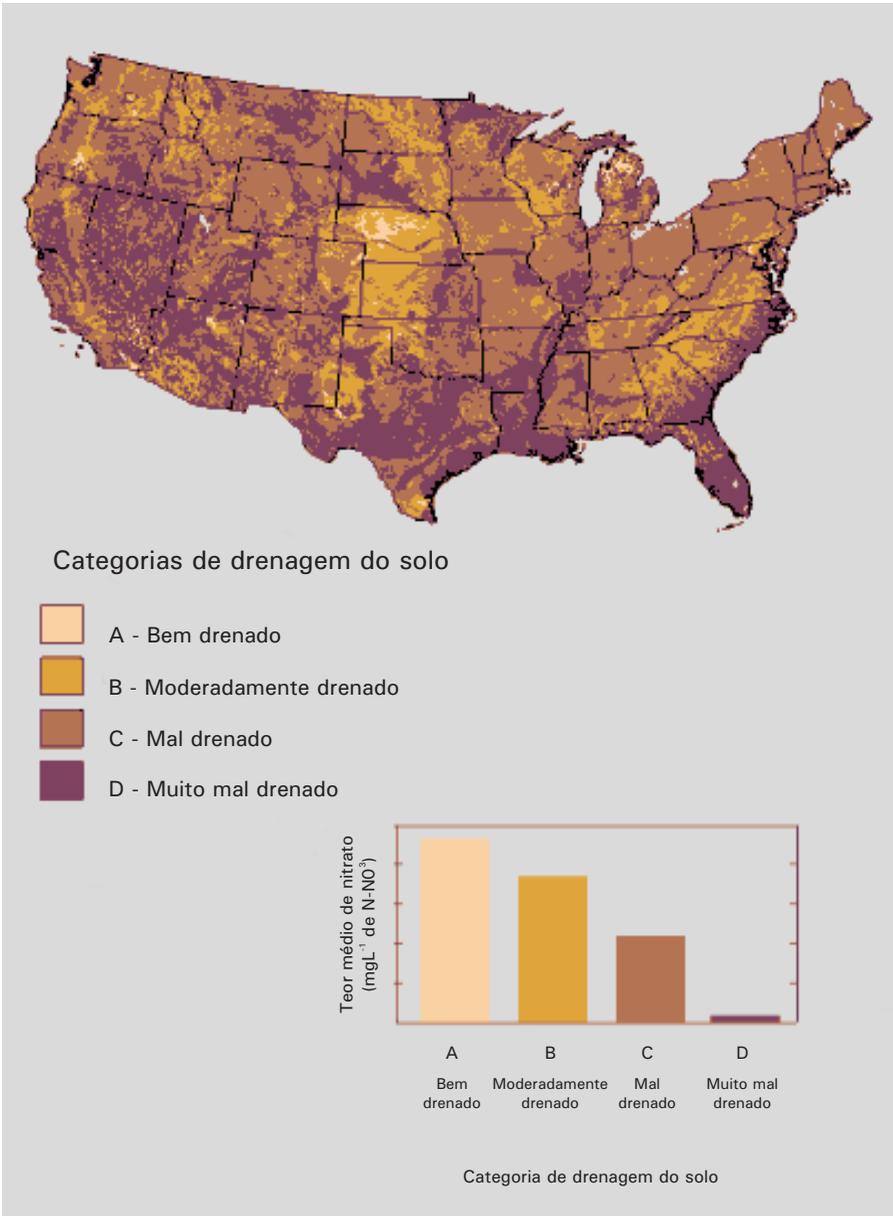


Figura 1. Relação entre permeabilidade do solo e contaminação de águas subterrâneas por nitrato nos Estados Unidos.

Fonte: [Muelle & Helsel, 2001](#).

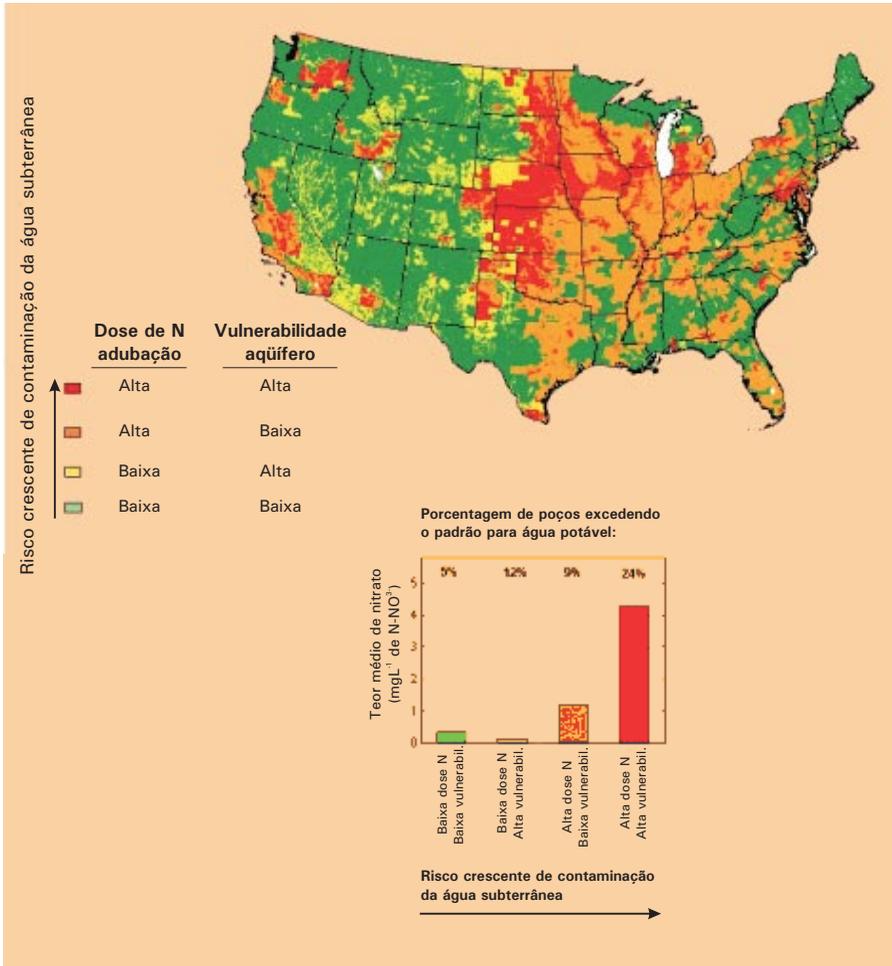


Figura 2. Relação entre vulnerabilidade do solo, taxas de adição de nitrogênio via fertilizantes ou esterco e a contaminação de águas subterrâneas por nitrato nos Estados Unidos.

Fonte: [Nolan et al., 2001.](#)

Capacidade de o solo reter nitrato

Os íons nitrato interagem diretamente com a fase sólida por meio de reações de adsorção às cargas positivas dos colóides.

Nos solos com mineralogia do tipo 2:1, mais comuns em regiões de clima temperado, a predominância absoluta de cargas negativas cria uma repelência do nitrato pela fase sólida, tornando a adsorção pouco provável, favorecendo a manutenção do íon em solução e facilitando a lixiviação.

Apesar de ainda serem relativamente pouco estudados, nesse aspecto, os solos tropicais, em especial os latossolos mais intemperizados, de mineralogia oxidica e ácidos parecem exibir capacidade de retenção de nitrato, notadamente, em camadas subsuperficiais ([Dy尼亚 & Camargo, 1999](#); [Oliveira et al., 2000](#)). Nessas camadas, devido à menor proporção ou ausência de matéria orgânica, a existência de cargas positivas é significativa (podendo a fase sólida apresentar caráter eletropositivo) e a adsorção do nitrato verifica-se com maior facilidade, pois não há concorrência com os fosfatos que têm a preferência na ocupação das cargas positivas da camada superficial do solo.

Informações dessa natureza são importantes, pois esse comportamento dos latossolos pode contrabalançar sua característica de elevada permeabilidade, o que é relevante para o enfoque ambiental da dinâmica do nitrato nesses solos. Nesse particular, cita-se ainda o fato de que na literatura internacional não há destaque para essa particularidade dos solos tropicais.

Quantidade e época de aplicação de fertilizantes nitrogenados

Como a possibilidade de lixiviação é diretamente dependente do excesso de nitrato presente em determinado ponto no solo, as aplicações exageradas de nitrogênio estão intimamente ligadas ao processo de contaminação da água.

Numa combinação de altas doses de nitrogênio com época de chuvas torrenciais, em solos permeáveis, grandes quantidades de nitrato podem atingir o lençol freático pouco tempo depois da aplicação do fertilizante.

Condições climáticas e manejo da irrigação

Como já mencionado, a lixiviação do nitrato é intensificada pela maior percolação de água através do solo nas épocas chuvosas ou quando a irrigação é incorretamente manejada com lâminas de água que excedem às necessidades das culturas numa dada região.

Cultura estabelecida

Os aquíferos sob solos vegetados por florestas, estando normalmente mais protegidos, apresentam menores riscos de contaminação se comparados aos aquíferos de áreas cultivadas ([Ator & Ferrari, 2001](#)).

Culturas com baixa exigência ou baixa eficiência de absorção de nitrogênio, reduzem a eficiência da adubação nitrogenada e contribuem para a manutenção de elevadas concentrações de nitrato em solução, primeiro passo para a lixiviação e a contaminação do lençol freático. Todavia, as culturas que requerem altas doses de nitrogênio e têm grande valor comercial recebem aplicações mais elevadas de nitrogênio favorecendo também a lixiviação de nitrato ([Bhumbla, 2001](#)).

Levantamento e monitoramento das áreas de risco de contaminação

A primeira etapa de um programa de controle da contaminação de água por nitrato consiste no levantamento das áreas afetadas e na determinação das regiões de maior risco de ocorrência do problema. Esses locais devem receber especial atenção para o monitoramento constante e aplicação das medidas de controle cabíveis.

Muitos países já dispõem de programas efetivos nesse sentido. Os Estados Unidos possuem uma base de dados que permitiu grande avanço no estudo e no controle do impacto do aumento de nitrato nas reservas de água doce ([Figuras 1 e 2](#)). Mapas de risco e modelos de predição são elaborados visando a orientar as ações mitigadoras.

Tais informações ainda não foram disponibilizadas, de forma ampla e concreta, para as condições brasileiras. A maioria das investigações são ainda incipientes, pontuais e isoladas. Há indicativos de potencial de lixiviação de nitrato em determinadas condições de uso de fertilizantes minerais (Morales, 1991) e de biossólidos ([Anjos & Mattiazzo, 2000](#); [Oliveira et al., 2001](#)).

Visando a definir o planejamento de uso da terra em uma vasta extensão do centro-sul do País, a Embrapa desenvolve um projeto de avaliação da qualidade de água no Aquífero Guarani que tem pontos de recarga em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, estados da Região Sul e em países vizinhos. Resultados preliminares, relativos ao período de 1995 a 1998,

permitiram evidenciar aumento nos teores de nitrato na água subterrânea em pontos localizados que se caracterizam por apresentar solos de alta permeabilidade ([Embrapa, 2001](#)).

Medidas de controle do excesso de nitrato na água

Tratamento da água contaminada ou diluição

Uma vez constatados níveis excessivos de nitrato na água de consumo, métodos específicos para remoção desse contaminante podem ser utilizados, haja vista que os sistemas de tratamento convencionais, fervura e desinfecção não conseguem realizar tal remoção. Processos de deionização, destilação ou osmose reversa permitem a purificação da água contaminada por nitrato a custos muito elevados ([Zublena et al., 2001](#); [Bhumbla, 2001](#)).

O abandono das fontes contaminadas pode ser a melhor solução nesse caso. Outra possibilidade é promover a mistura da água imprópria com água de boa qualidade a fim de se diluir o nitrato até conseguir níveis aceitáveis, determinados em legislação específica ([Bhumbla, 2001](#)).

Sem dúvida, as medidas preventivas da contaminação, listadas a seguir, são as mais convenientes, duradouras e econômicas, por isso, devem ser amplamente difundidas nas regiões de risco.

Construção adequada das instalações nas fazendas

A locação de poços de captação de água em posição da paisagem acima da cota e o mais distante possível das fossas sépticas, esterqueiras e chorumeiras ([Mancl, 2001](#)) visam a garantir a qualidade da água que vai ser usada para o consumo direto na fazenda.

Na construção das fossas, deve-se observar as condições de permeabilidade do solo no local, sempre que possível, evitar solos altamente permeáveis. Os depósitos de esterco não devem ser a céu aberto e o chorume precisa ser coletado e adequadamente aplicado nas lavouras.

Controle da erosão e manejo do solo

Conforme o que foi apresentado, práticas que minimizem o escoamento superficial da água, a erosão e a compactação do solo são medidas básicas no controle da degradação das reservas hídricas, principalmente, dos aquíferos de superfície.

Em relação ao sistema de manejo do solo, de acordo com [Zimbres \(2001\)](#), a adoção do sistema de plantio direto no Paraná tem restringido a quantidade de nitrato e de sedimentos carregados para os cursos d'água.

Correto dimensionamento da adubação e da época de aplicação

A compatibilização das taxas de suprimento de nitrogênio com a demanda da cultura, no decorrer do seu período de crescimento vegetativo, constitui o aspecto principal do que deve ser buscado no que se refere ao aumento da eficiência da adubação nitrogenada e à concomitante redução do risco de lixiviação de nitrato.

Para tanto, uma boa estimativa da disponibilidade do nutriente no solo (teor de nitrato, teor de matéria orgânica, tipo e quantidade de palhada da cultura anterior) e dados dos requerimentos nutricionais nos diferentes estádios de crescimento da cultura a ser estabelecida, das condições climáticas prováveis durante a estação de cultivo, das características de permeabilidade do solo e da taxa de liberação de nitrogênio pelo fertilizante a ser utilizado (principalmente no caso dos esterços) precisam ser analisados de forma integrada a fim de ajustar a melhor dosagem, forma e época de aplicação dos adubos.

Atingir tal propósito na íntegra não é tarefa fácil e requer esmero, mas técnicas simples podem proporcionar sensíveis ganhos de eficiência, principalmente nas condições brasileiras, em que os excessos de nitrogênio na adubação não são a regra na agricultura e, quando ocorrem, estão ligados à inobservância de critérios técnicos básicos de manejo.

O parcelamento da adubação nitrogenada de acordo com os períodos de demanda das culturas talvez seja a maneira mais fácil de ganhar eficiência e deve ser medida priorizada quando as condições edáficas e climáticas favorecerem a lixiviação ([Cook, 2001](#)).

Uso de fertilizantes de liberação retardada e inibidores da nitrificação

São tecnologias de alto custo, mas de grande eficiência no tocante à redução da contaminação de água por nitrato.

A uréia revestida com enxofre e a uréia-formaldeído são alternativas promissoras para uso em áreas com iminente problema de altos teores de nitrato na água, pois a lenta liberação do nitrogênio contido nesses produtos possibilita seu maior aproveitamento pela cultura.

O uso de inibidores da nitrificação diminui a conversão de amônio em nitrato no solo, minimizando a chance de contaminação por restringir diretamente a formação do agente contaminante.

Conclusão

Reconhecido o devido valor da água para a sustentabilidade da agricultura e das atividades urbanas, é fundamental que sejam conhecidos as causas, os efeitos e os custos da perda da qualidade da água, primeiro passo para a conscientização das pessoas.

Do ponto de vista agrônomo, a avaliação do risco de contaminação e o monitoramento da qualidade de água ao longo do tempo são as principais ferramentas que levarão à racionalização das atividades de produção vegetal e animal de acordo com critérios de viabilidade técnica, prática, econômica e ambiental, adotando-se, quando necessário, medidas de controle adequadas a cada caso.

Referências Bibliográficas

ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 927-938, out./dez. 2000.

ATOR, S. W.; FERRARI, M. I. **Nitrate and selected pesticides in ground water of the Mid-Atlantic Region**: United States Geological Survey/Environmental Protection Agency. Disponível em: < <http://md.usgs.gov/publications/wrir-97-4139> > . Acesso em: 18 de jun. 2001.

BHUMBLA, D. K. **Agriculture practices and nitrate pollution of water**. Disponível em: < <http://www.caf.wvu.edu/~forage/nitratepollution/nitrate.htm> > . Acesso em: 18 de jun. 2001.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 jul. 1986.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001. 32 p.

COOK, M.G. **Good soil management helps protect groundwater**. Disponível em: < <http://ces.soil.ncsu.edu/soilscience/publications/Soilfacts/AG-439-09> > Acesso em: 18 de jun. 2001.

DYNIA, J. F.; CAMARGO, O. A. Retenção de nitrato num solo de carga variável, influenciada por adubação fosfatada e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 141-144, jan. 1999.

EMBRAPA. **Projeto Aquífero Guarani**. Centro Nacional de Pesquisa do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/aguasub/aguasub_port_page.html > . Acesso em: 22 jun. 2001.

GAZZONI, D.L. **Água, um recurso estratégico**. Disponível em: < <http://www.cnpma.embrapa.br> > Acesso em: 22 jun. 2001.

ISHERWOOD, K. F. **Fertilizer use and the environment**. Paris: IFA, 2000. 51p.

LEIFERT, C.; FITE, A.; LI, H. et al. Human health effects of nitrate. In: IFA AGRICULTURAL CONFERENCE ON MANAGING PLANT NUTRITION: towards maximum resource efficiency, 1999, Barcelona. [**Anais...**] Barcelona: [s.n.], 1999. p.1-12.

LIMA, E. **Recurso estratégico do século: água**. Disponível em: < <http://www.cnpma.embrapa.br> > . Acesso em: 22 jun. 2001a.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001b. 46 p.

MANCL, K.M. **Nitrate in drinking water**: Extension Bulletin, n. 744-87. Disponível em: < <http://www.ag.ohio-state.edu/~ohioline/b744/> > . Acesso em: 18 jun. 2001.

MORAES, J. F. V. Movimento de nutrientes em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 85-97, jan. 1991.

MUELLER, D. K.; HELSEL, D. R. **Nutrients in the Nation's Waters: to much of a good thing?** National Water-Quality Assessment Program. United States Geological Survey Circular 1136. Disponível em: < <http://water.usgs.gov/nawaq/circ-1136/circ-1136main.html>> . Acesso em: 18 jun. 2001.

NOLAN, B. T.; RUDDY, B. C.; HITT, K. J.; HELSEL, D. R. **A national look at nitrate contamination of ground water.** Disponível em: < <http://water.usgs.gov/nawqa/wep/>> . Acesso em: 18 jun. 2001.

NUGENT, M.; KAMRIM, M. A.; WOLFSON, L.; D'ITRI, F. M. **Nitrate: a drinking water concern** Michigam State University Extension Service, Extension bulletin WQ-19. Disponível em: < <http://www.gem.msu.edu/pubs/msue>> . Acesso em: 18 jun. 2001.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; MORAES, S. O. Lixiviação de nitrato em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 171-180, jan./mar. 2001.

OLIVEIRA, J. R. A.; VILELA, L.; AYARZA, M. A. Adsorção de nitrato em solos de cerrado do distrito federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1199-1205, jun. 2000.

ONGLEY, E. D. **Control of water pollution from agriculture:** Documento eletrônico (FAO irrigation and drainage paper, 55). Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/W2598E/w2598e00.htm>> . Acesso em: 19 dez. 2002.

ZIMBRES, E. **Guia avançado sobre água subterrânea.** Disponível em:< <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia//aguasubterranea.htm>> . Acesso em: 19 jun. 2001.

ZUBLENA, J. P.; COOK, M. G.; ST CLAIR, M. B. **Pollutants in groundwater: health effects.** Disponível em: < <http://ces.soil.ncsu.edu/soilscience/publications/Soilfacts>> . Acesso em: 18 jun. 2001.

Agriculture and Water Quality: Water Contamination by Nitrate

Abstract - *Water quality has become an increasing environmental and social constraint for modern society. Agricultural activities are potential sources of water contamination. Without a soil and water conservation plan, plant nutrients (specially phosphorus and nitrogen) can reach the surface water resources and lead to a eutrophication process. This process changes the natural equilibrium, leading to an excessive growth of aquatic plants and algae. That can result in oxygen deficiency, and even in the death of fish fauna. Nitrate leaching is the major problem of deep aquifer contamination by nutrients. Greater risk of water contamination by nitrate results from soil characteristics, such as coarser texture and high drainage capacity, associated with heavy nitrogen application in crop fertilization. In this scenario, this work aim to discuss some aspects of causes, problems and control practices related to water pollution by nitrate in agricultural areas.*

Index terms: nitrate leaching, eutrophication, nitrogen, water pollution, crop fertilization.