

Qualidade da água na agricultura e no ambiente

*Ricardo Augusto Lopes Brito¹
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade²*

Resumo - A crescente demanda por água de boa qualidade, associada à migração das populações das zonas rurais para áreas urbanas, tem sérias implicações na produção de alimentos, geração de energia e suprimento de água potável nas cidades, inclusive na América Latina, e requer medidas estratégicas a serem desenvolvidas e implementadas. A agricultura irrigada, como maior usuária da água captada e principal alternativa para alcançar o aumento requerido na produção de alimentos até 2025 ou 2050, torna-se alvo das atenções, tanto pela sua condição de consumidora de recursos hídricos, quanto pelo seu potencial efeito na qualidade da água e no ambiente. Por outro lado, a irrigação pode ser comprometida pela deterioração na qualidade das águas a montante, causada pela poluição industrial e urbana, bem como pela erosão e consequente assoreamento de cursos d'água. Apresentam-se dados sobre lixiviação de nitrogênio e atrazina pela água de irrigação e efeitos de salinidade e toxicidade de sais específicos, bem como limites de concentração dos elementos mais frequentemente encontrados. Sugerem-se intervenções quanto ao uso e manejo da água, que é considerada insumo estratégico e recurso natural limitado.

Palavras-chave: Irrigação. Impacto ambiental. Lixiviação. Salinidade. Estratégia de manejo.

INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda mundial por água de boa qualidade, em velocidade superior à capacidade de renovação do ciclo hidrológico, é, consensualmente, previsto nos meios técnicos e científicos internacionais. Esse crescimento tende a tornar maior a pressão sobre os recursos naturais do Planeta neste século. Além disso, a qualidade dos mananciais vem decrescendo rapidamente pela ação antrópica.

Tanto a migração da população do campo para a cidade quanto a industrialização, além de exercerem significativa demanda de água dos mananciais, exigem o crescimento do parque gerador de energia elétrica, que, por sua vez, implica na necessidade de aproveitamentos hidrelétricos. Adicionalmente, houve a pressão para aumentar a produção de alimentos, o que veio encontrar na agricultura irrigada

o canal apropriado para satisfazer essa demanda.

A disponibilidade de recursos hídricos deve ser confrontada com um mundo cada vez mais populoso. A população mundial em 1900 era de 1,6 bilhão, aumentando para 2,5 bilhões, em 1950, e 6,1 bilhões até o ano 2000. Apesar de uma queda geral nas taxas de fecundidade, a população mundial continua a crescer rapidamente. Projeta-se que a população mundial atingirá entre 7,5 e 10,5 bilhões, em 2050, dependendo dos cenários futuros da taxa de crescimento. A população da América Latina, que era de 475 milhões, em 1997, deve atingir quase 700 milhões de pessoas até 2025. A população mundial tem-se expandido rapidamente, com o correspondente aumento das pressões sobre a oferta de alimentos e do ambiente. A competição pela água está-se tornando crítica, e a degradação ambiental relacionada com o uso da água é grave. O

número de pessoas que vivem em países com carência de água está projetado para subir de 500 milhões para 3 bilhões, em 2025 (STOCKLE, 2001).

A alimentação humana e animal tem sua origem na agropecuária e as expectativas mundiais apontam para uma necessidade crescente de produção de alimentos, com uma projeção de duplicação dessa demanda até o ano 2025, no âmbito internacional. Isto representa uma demanda adicional de, aproximadamente, 780 km³ de água, equivalentes a cerca de dez vezes a vazão anual do Rio Nilo. Isso implica na possível ampliação da área agrícola e/ou no aumento da sua eficiência na produção de alimentos, o que significa um aumento na demanda de água para uso agrícola e/ou um aumento na eficiência agrícola de uso de água. A agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo mundial da água captada.

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: ricardo.brito001@gmail.com

²Eng^o agrícola, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: camilo@cnpmc.embrapa.br

Os usos industrial e municipal têm ainda implicações importantes quanto ao tratamento da qualidade da água e requer dois tipos de tratamento de água a serem feitos. O primeiro, um processamento prévio, para ajustar a água aos seus padrões de uso; o segundo, um tratamento posterior de efluentes, para reduzir ou eliminar a presença de poluentes ou contaminantes. Dependendo da finalidade de uso da água, os parâmetros analisados variam dentro de um amplo espectro (pH, sais, microrganismos, coliformes, Na, Ca, NO_3 , N total, metais pesados, agroquímicos etc.) (BRITO, 2007; REBOUÇAS, 2004).

A utilização descontrolada de água levou à degradação dos recursos, tanto em termos de qualidade quanto de reservas de águas subterrâneas. Este fato preocupante significa que, em algum momento, as cidades não só terão de dar mais atenção às crescentes necessidades, mas também terão de encontrar substitutos para as fontes de água esgotadas, salinizadas ou poluídas. A degradação ambiental restringe o fornecimento de água para as cidades e é também afetada por águas residuais contaminadas. Embora o tratamento da água seja uma resposta possível, apenas 10% dos efluentes nos países em desenvolvimento são tratados, e os custos envolvidos são enormes. É, portanto, provável que o uso das águas subterrâneas, que até agora têm sido responsáveis por grande parte do abastecimento de áreas urbanas, gere uma reação inversa no futuro, com a pressão retornando para a água superficial. Novamente, o conflito entre o uso humano, em geral, e o uso ambiental, em particular, é talvez mais crítico do que entre a agricultura e as cidades (MOLLE; BERKOFF, 2006).

IMPACTO AMBIENTAL DERIVADO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E OPERAÇÃO DOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

Uma retirada excessiva de água para irrigação tem claramente um significativo impacto no ambiente em algumas áreas.

Por exemplo, o Rio Colorado (EUA), muitas vezes, não contém água no momento em que se atravessa a fronteira no México, por causa das retiradas para áreas urbanas e agrícolas. Na verdade, na maioria dos anos, o Rio Colorado não chega ao oceano. Isto tem consequências para o rio e seus ecossistemas ribeirinhos, bem como para o estuário do delta e do sistema na sua foz, que não recebe a recarga de água doce e nutrientes que normalmente recebia. O mesmo ocorre com o Rio Amarelo, na China. O Rio San Joaquin, na Califórnia, é tão frequentemente superexplorado que as árvores estão crescendo em seu leito e alguns planejamentos regionais têm sugerido a construção de urbanizações na região. Nos últimos 33 anos, o Mar de Aral (Ásia) perdeu 50% de sua superfície e 75% do seu volume, com uma concomitante triplicação em sua salinidade por causa, em grande parte, do desvio de água de seus afluentes para a irrigação de algodão.

Em 1982, a salinização afetou cerca de 196.550 km^2 (0,7%) dos solos agrícolas na América Central e México, e 1.291.630 km^2 (7,6%) na América do Sul. Argentina e Chile têm cerca de 35% de suas terras irrigadas afetadas pela salinidade, ao passo que 30%, ou 250 mil hectares, da região costeira do Peru, sob irrigação, sofre impactos desse problema. No Brasil, 40% das terras irrigadas no Nordeste são afetadas pela salinidade, como resultado de irrigação inadequada. O total de terras com salinidade natural e salinidade induzida pelo homem, em Cuba, abrange cerca de 1,2 milhão de hectares. No México, cerca de 12,4% da superfície irrigada do país foi total ou parcialmente afetada pela salinização, em 1980 (STOCKLE, 2001).

A agricultura, como grande usuária dos recursos hídricos, vem sendo apontada como uma das principais causas do trato irracional da água. Contudo, embora possa ser fonte de alguns problemas, a agricultura pode também ser parte da solução deles. O manejo adequado da água na agricultura não pode ser considerado uma etapa independente no processo de produção agrí-

cola, devendo ser analisado dentro de um enfoque sistêmico. Assim, a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento para ações integradas, a adoção de estratégias de conservação de solo e água, a captação das águas das chuvas, como as barraginhas, a utilização de sistemas de manejo que aumentem a infiltração e a retenção da água, como o plantio direto, o controle biológico, o controle integrado de pragas e doenças e outros, aparecem como opções de grande potencial para a solução dessa problemática. A questão é que, dentro do sistema de produção, o agricultor pode considerar a água também como um de seus produtos, e o manejo adequado não pode ser considerado uma etapa independente no processo de produção agrícola, devendo ser analisado dentro do contexto de um sistema integrado.

Não só os nutrientes são transportados pela água de irrigação. A erosão do solo e subseqüente transporte de sedimentos e produtos químicos são causados pelo escoamento da água de irrigação em excesso nas terras cultivadas. A erosão do solo diminui a produtividade da terra. A irrigação por sulco causa mais erosão do que os aspersores ou gotejadores. Sedimentos transportados pela água eventualmente retornam aos mananciais, afetando negativamente canais e outras estruturas de transporte de água. Além disso, causam assoreamento dos reservatórios e outras estruturas, afetando a durabilidade e a uniformidade de sistemas de aspersão e gotejamento, e criam problemas significativos para o habitat de peixes e dos ecossistemas aquáticos.

A infiltração da água de irrigação em excesso (acima da capacidade de armazenamento disponível na zona radicular) penetra além do alcance das raízes e pode chegar às águas subterrâneas de recarga. Nitratos, sais e outras substâncias (agroquímicos), dissolvidos na água, serão transportados com a água. Isso tende a aumentar o risco potencial de poluição por nitratos e outros elementos, em águas subterrâneas. Solos de textura leve e de

produção intensiva de culturas de raízes superficiais sob irrigação podem sofrer consideráveis perdas de nitrato por lixiviação, ou facilitar a contaminação do subsolo e águas subterrâneas por agroquímicos.

Em um trabalho conduzido por Andrade et al. (2004a), monitorou-se, com o uso de três lisímetros (L4, L6 e L7 no Gráfico 1A), a percolação semanal do fluxo de retorno da irrigação de milho em um Latossolo com o objetivo de determinar as concentrações e avaliar perdas de nitrogênio (N), via lixiviação, nas formas de amônio e nitrato. No Gráfico 1A, observaram-se baixas concentrações iniciais de amônio na água percolada dos três lisímetros, aproximadamente entre 0,5 e 1,5 mg/L, mesmo com o excesso de irrigação e de chuvas (716 mm), verificado no L 7. Entretanto, aproximadamente dos 60 aos 110 dias após plantio (DAP), pôde-se constatar aumento da concentração de amônio na água percolada, atingindo picos próximos de 2,0 mg/L.

Com relação ao nitrato (Gráfico 1B), após um pico de lixiviação que ocorreu aos 14 dias depois da cobertura, iniciou-se, nos L 4 e L 6, uma fase de decréscimo da concentração de nitrato no percolado, que se estendeu até os 75 DAP. Contrariamente, no caso do L 7 (com lâmina excessiva de água), foram constatados vários eventos com concentrações de nitrato no percolado acima de 10 mg/L, que é o limite máximo aceitável para água potável (BRASIL, 2004).

O pico de perda de N mineral (nitrato + amônio) ocorreu aos 14 DAP, nos três tratamentos, antecipando-se à época de maior concentração de nitrato no percolado (Gráfico 1B). No L 6, que recebeu 561 mm de água, as perdas praticamente cessaram aos 48 DAP, enquanto, no L 7, que recebeu excesso de água, as perdas estenderam-se até os 110 DAP. Nesse tratamento, a perda de N mineral foi de 23,2 kg/ha, equivalente a 17,6% dos 132 kg/ha de N aplicados. Nos tratamentos que receberam irrigação normal ou déficit, as perdas foram menores que 3%.

Considerando-se a profundidade de amostragem do percolado de 1,5 m e a do

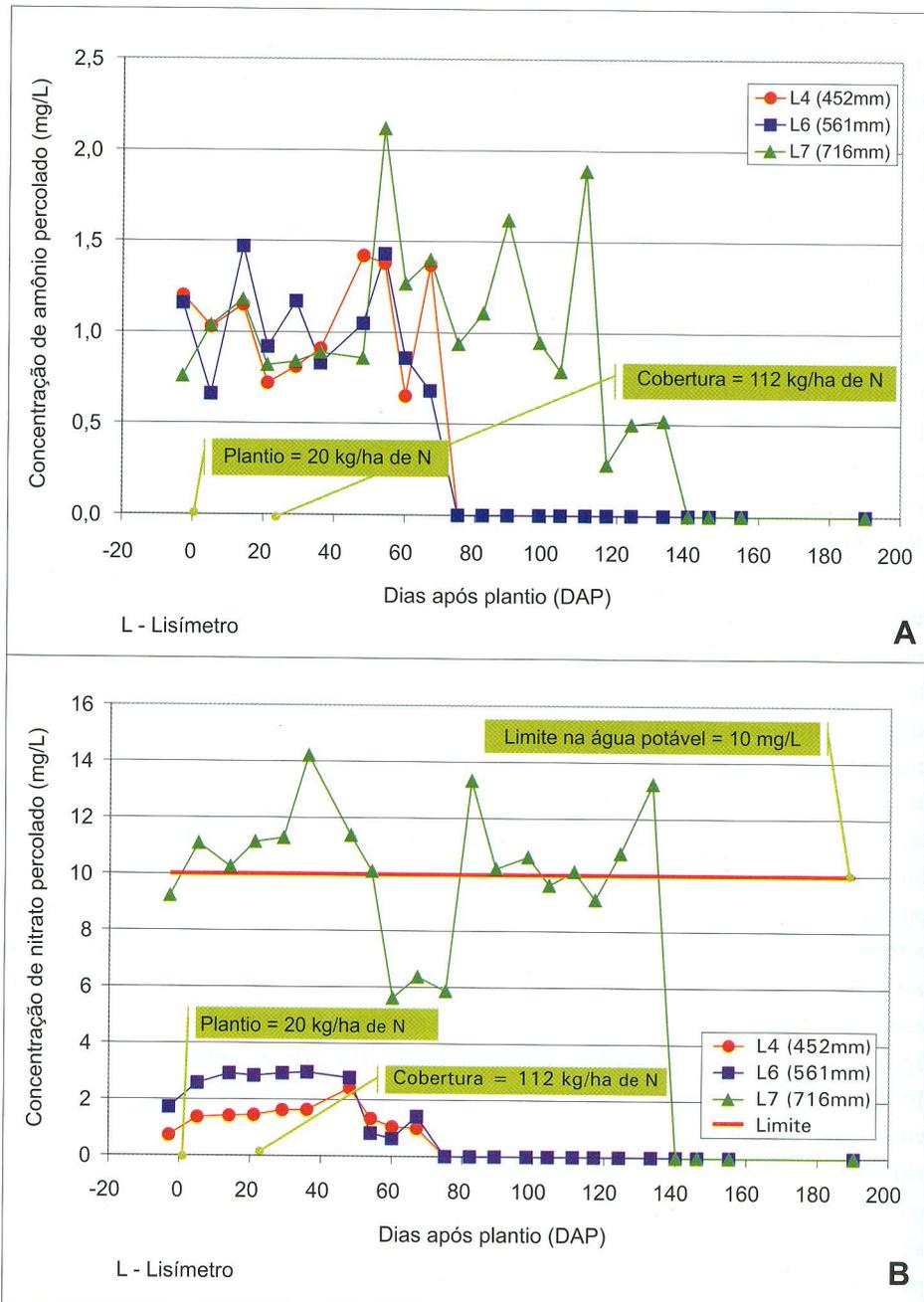


Gráfico 1 - Concentração de amônio e de nitrato na água percolada ao longo do ciclo da cultura do milho - Sete Lagoas, MG, 2002

NOTA: Gráfico 1A - Concentração de amônio. Gráfico 1B - Concentração de nitrato.

lençol freático de boa parte das regiões produtoras de milho, pode-se assumir que o risco de contaminação das águas subterrâneas por amônio ainda é baixo, pois somente com o excesso de irrigação houve perdas maiores. Todavia, os resultados observados demonstraram a importância da qualidade da irrigação para reduzir problemas de contaminação da água subterrânea por nitrato.

O excesso de irrigação causou a lixiviação de $N-NO_3$ acima do limite aceitável para água potável, que é de 10 mg/L. A presença de nitrato no percolado foi observada durante todo o ciclo da cultura do milho irrigado. Já as concentrações mais elevadas foram observadas no início do ciclo.

Andrade et al. (2004b) monitoraram também a percolação do herbicida atrazina no fluxo de retorno da irrigação, utilizando

a mesma bateria de lisímetros, conforme ilustrado no Gráfico 2A. Mesmo nos tratamentos que receberam irrigação normal (L6, 561 mm) e com déficit (L4, 452 mm), foram observados piques de concentração elevada do herbicida na água percolada, indicando que essa molécula movimentou-se com a água, por fluxo preferencial, por meio de poros grandes ou de orifícios deixados por raízes e mesofauna, comuns no Sistema Plantio Direto (SPD) (Gráfico 2A).

Valores de concentração de atrazina acima de $2 \mu\text{g/L}$ – limite tolerado para água potável (BRASIL, 2004) – foram observados durante quase todo o ciclo da cultura (Gráfico 2A). Picos de mais de $60 \mu\text{g/L}$ foram detectados no L4 e L6, nos quais mediram-se taxas pequenas de percolação profunda (ANDRADE et al., 2004b).

Nota-se que, quanto maiores as lâminas de irrigação, mais atrazina é lixiviado, embora os valores acumulados representem menos de 1% da quantidade de herbicida aplicada por unidade de área (Gráfico 2B). Mesmo nos tratamentos que receberam irrigação normal ou com déficit, piques com concentrações elevadas de atrazina foram observados ao longo do ciclo da cultura do milho irrigado, indicando o efeito do fluxo preferencial da água no transporte dessa molécula. Quantidades de atrazina acumuladas ao longo do período de estudo indicam que menos de 1% do total aplicado na superfície do solo foi lixiviado. Vale chamar a atenção para a dose de aplicação de atrazina, que foi de $2,7 \text{ kg/ha}$ (Gráfico 2A).

Trabalho semelhante foi conduzido por Azevedo, Kanwar e Pereira (1998), em Portugal, onde foi observada a concentração de atrazina ao longo do perfil de dois solos irrigados em complementação à chuva e cultivados com milho. Um dos solos era de textura franco-siltosa e o outro de textura arenosa, os quais receberam aplicação de atrazina em doses de $1,2 \text{ kg/ha}$ e $1,0 \text{ kg/ha}$, respectivamente. Em ambos os solos foram coletadas amostras periódicas a cada 10 cm , até a profundidade de 60 cm .

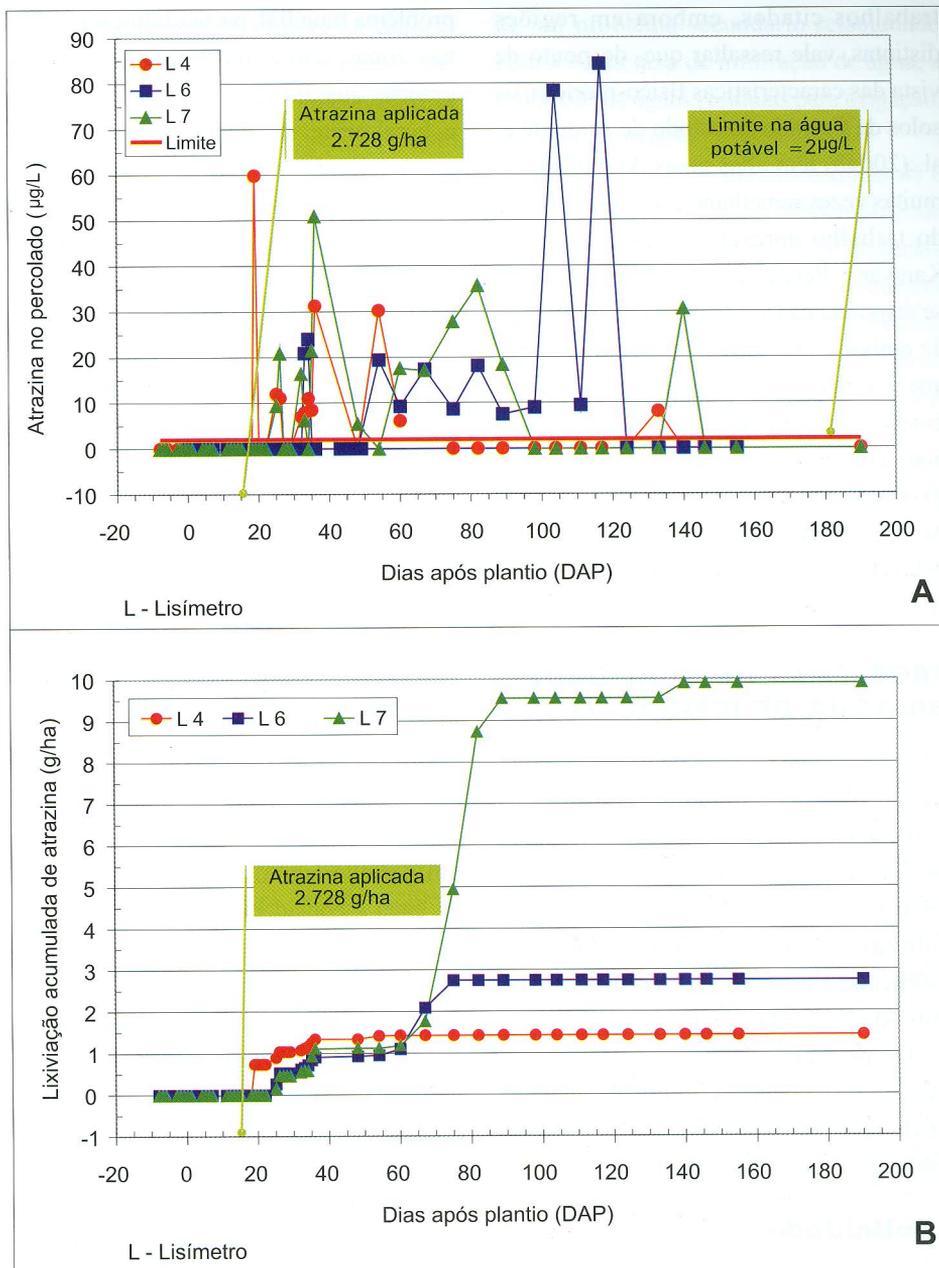


Gráfico 2 - Concentração do herbicida atrazina e lixiviação acumulada ao longo do ciclo da cultura do milho - Sete Lagoas, MG, 2002

NOTA: Gráfico 2A - Atrazina no percolado. Gráfico 2B - Lixiviação acumulada de atrazina.

No caso do solo de textura mais fina, sua capacidade de retenção de água mais favorável requereu um total de quatro eventos de irrigação, acumulando 272 mm de irrigação complementar a uma pluviosidade de 115 mm . Como consequência, a maior parte do herbicida foi degradada ao longo do primeiro mês de cultivo, ficando a maioria restante contida nos primeiros 15 a 20 cm do perfil, não havendo lixiviação significativa do agroquímico.

Diferentemente, o solo de textura arenosa requereu um regime de irrigação mais frequente, totalizando 19 eventos e acumulando 710 mm de irrigação suplementar. A combinação de alta velocidade de infiltração desse solo com o excesso de água aplicada em suplementação provocou grande movimentação do herbicida ao longo do perfil e, consequentemente, lixiviação abaixo da zona radicular.

Ao traçar uma analogia entre os dois

trabalhos citados, embora em regiões distintas, vale ressaltar que, do ponto de vista das características físico-hídricas, os solos de Cerrado do estudo de Andrade et al. (2004b) têm altas taxas de infiltração, muitas vezes semelhantes a solos arenosos do trabalho apresentado por Azevedo, Kanwar e Pereira (1998). Ainda que não se disponha das velocidades de infiltração de ambos os solos, é possível vislumbrar que a existência de alta infiltração, combinada com lâminas excessivas de água, pode contribuir significativamente para a lixiviação de atrazina. E o limite permitido da concentração desse herbicida na água potável (2 µg/L) é consideravelmente baixo (BRASIL, 2004).

PROBLEMAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A qualidade da água de irrigação pode variar significativamente, conforme o tipo e a quantidade de sais dissolvidos. À medida que o conteúdo de sais aumenta, agravam-se os problemas do solo e das culturas, sendo necessária a adoção de estratégias de manejo para alcançar produtividades aceitáveis das culturas.

Os problemas de solo mais comuns, usados para avaliar os efeitos da qualidade da água, são salinidade, velocidade de infiltração, toxicidade e outros.

Salinidade

Toda água de irrigação contém sais dissolvidos, originados pela passagem sobre a superfície e ao longo do perfil do solo; e a água de chuva também contém alguns sais. Esses sais estão geralmente em concentrações muito baixas na água. No entanto, a evaporação da água da superfície do solo deixa os sais para trás. É provável que isto se torne um sério problema em solos maldrenados, quando as águas subterrâneas estão a 3 m ou menos da superfície, dependendo do tipo de solo. Nesses casos, a água sobe até a superfície pela ação da capilaridade, ao invés de percolar para baixo através do perfil do solo, e depois evapora da superfície. Salinização é um

problema mundial, particularmente agudo nas zonas semiáridas, onde se utilizam grandes quantidades de água de irrigação e, geralmente, são maldrenadas.

A salinidade é frequentemente associada com a elevação dos lençóis freáticos resultante da irrigação em excesso e drenagem deficiente, em perímetros irrigados de larga escala. Como resultado, os lençóis freáticos rasos trazem sais para as camadas superiores do perfil do solo.

Um problema de salinidade existe se o sal acumula na zona radicular da cultura a uma concentração que provoca perda na produtividade. Em áreas irrigadas, esses sais geralmente originam-se de uma solução salina, lençol freático alto ou a partir de sais na água aplicada. As reduções na produção ocorrem quando os sais acumulam-se na zona da raiz, de tal forma que a cultura já não é capaz de extrair água suficiente da solução do solo, resultando em um estresse hídrico por um período significativo. Se a absorção de água é consideravelmente reduzida, a planta diminui sua taxa de crescimento. Os sintomas observados nas plantas são de aparência similar aos de seca, como murchamento ou uma cor mais escura, verde-azulada e, por vezes, as folhas adquirem aspecto espesso, graxoso. Os sintomas variam de acordo com o estágio de crescimento, sendo mais perceptíveis se os sais afetarem a planta durante os estádios iniciais de crescimento. Em alguns casos, os efeitos moderados do sal podem passar completamente despercebidos, por causa de uma redução uniforme do crescimento em toda a área (STOCKLE, 2001).

Sais que contribuem para o problema de salinidade são solúveis em água e facilmente transportados pela água. Uma parte dos sais que se acumulam de irrigações prévias pode ser movida para abaixo da profundidade das raízes (lixiviação), se uma lâmina adicional de irrigação infiltrar-se no solo. A lixiviação é a chave para controlar um problema de salinidade da água relacionado com a qualidade. A quantidade necessária de lixiviação é dependente da

qualidade da água de irrigação e da tolerância à salinidade da cultura cultivada.

O teor de sal da zona das raízes varia com a profundidade. A variação é aproximadamente igual ao teor da água de irrigação, perto da superfície do solo, até muitas vezes a mesma concentração inicial da água aplicada, ao atingir a parte inferior do sistema radicular. A cultura não responde exatamente aos extremos de salinidade baixa ou alta na zona radicular, mas sim a um efeito integrado da disponibilidade e absorção da água de onde é mais prontamente disponível. O calendário de irrigação é, portanto, importante na manutenção de uma boa disponibilidade de água no solo. Para as culturas irrigadas com menor frequência, como é normal quando se utilizam os métodos de superfície e aspersão convencional, a colheita é mais bem correlacionada com a salinidade média na zona de raiz, mas para as culturas irrigadas diariamente ou quase diariamente (irrigação localizada), as colheitas são mais bem correlacionadas com a salinidade média ponderada da água na zona radicular (RHOADES, 1982).

Na agricultura irrigada, muitos problemas de salinidade estão associados ou fortemente influenciados por um lençol freático superficial (no perfil de 2 m da superfície). Sais acumulam-se no lençol freático e isso frequentemente torna-se uma importante fonte adicional de sal que se move para cima na zona radicular das culturas. O controle de um lençol freático superficial existente é, portanto, essencial para o controle da salinidade e o sucesso da agricultura irrigada no longo prazo. Se a drenagem for adequada, o controle de salinidade requer simplesmente um bom manejo para garantir o abastecimento necessário às culturas e à lixiviação suficiente dos sais dentro dos limites de tolerância da cultura.

Taxa de infiltração de água no solo

Um problema de infiltração relacionado com a qualidade da água ocorre,

quando a taxa de infiltração aplicada ou de precipitação é sensivelmente reduzida e a água permanece na superfície do solo por muito tempo sem suprir suficientemente a cultura para manter rendimentos aceitáveis. Embora a taxa de infiltração de água no solo varie muito e possa ser influenciada pela qualidade da água de irrigação, outros fatores do solo, como estrutura, grau de compactação, teor de matéria orgânica (MO) e composição química também podem influenciar fortemente nessa variação.

Os dois fatores mais comuns de qualidade da água que influenciam a taxa de infiltração são a salinidade (quantidade total de sais solúveis na água) e seu teor de sódio em relação ao teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (alcalinidade ou sodicidade). A alta salinidade da água irá aumentar a infiltração. A água alcalina (normalmente de baixa salinidade) ou a água com elevada relação sódio/cálcio diminuem a infiltração. Ambos os casos podem ocorrer ou interagir-se ao mesmo tempo.

Problemas secundários também ocorrem, originados de irrigações prolongadas que alcançam a infiltração de lâmina maior. Dentro desses problemas incluem a formação de crostas em canteiros, desenvolvimento de plantas daninhas, distúrbios nutricionais e inundação, podridão de sementes e desenvolvimento vegetativo insuficiente nas partes baixas. A ocorrência de altos teores de sódio pode causar a dispersão de partículas, que obstruem os poros do solo e criam uma camada pouco permeável.

Toxicidade

Problemas de toxicidade podem ocorrer, se determinados componentes, (íons) do solo ou da água, são absorvidos pela planta e acumulam-se em concentrações elevadas o suficiente para causar danos às culturas ou diminuição do rendimento. O grau de dano depende da absorção e da sensibilidade da cultura. As culturas perenes são as mais sensíveis. Danos muitas vezes ocorrem com concentração de

íons relativamente baixa para as culturas sensíveis, manifestados por queimaduras nas primeiras folhas marginais e clorose entre as nervuras foliares. Se o acúmulo é grande o suficiente, o resultado é uma diminuição do rendimento. As culturas anuais mais tolerantes não são sensíveis a baixas concentrações, mas quase todas as culturas serão danificadas ou mortas, se as concentrações são suficientemente elevadas.

A toxicidade pode também ocorrer pela absorção direta dos íons tóxicos por meio das folhas irrigadas por aplicações aéreas (aspersão ou microaspersão). Sódio e cloreto são íons primários absorvidos pelas folhas, e a toxicidade de um ou de ambos pode ser um problema com determinadas culturas sensíveis, tais como citros.

Outros problemas

Vários outros problemas, relacionados com a qualidade da água de irrigação, ocorrem com frequência. Nestes incluem as altas concentrações de N na água de irrigação, as quais podem causar crescimento vegetativo excessivo, maturidade tardia e tendência ao acamamento. Manchas em folhas e frutos provocadas por depósitos de sais, em consequência da irrigação por aspersão com água que contém altos teores de bicarbonato, gesso ou ferro. E, ainda, problemas associados a pH anormal da água.

Um dos problemas específicos enfrentados por alguns agricultores que praticam a irrigação é a deterioração dos equipamentos por corrosão ou incrustação, pelos elementos presentes na água. Esse problema é mais grave para poços e bombas, mas, em algumas áreas, a água de má qualidade também pode danificar o equipamento de irrigação e os canais.

Em áreas onde existe risco potencial de doenças como a malária, a esquistossomose e a filariose linfática, os problemas devem ser considerados com outros relacionados com a qualidade da água. A incidência de vetores (mosquitos) geralmente origina-se

de um problema secundário relacionado com a baixa taxa de infiltração de água, a utilização de águas residuais para irrigação, ou a má drenagem.

A presença de sedimentos minerais e substâncias orgânicas em suspensão pode causar problemas em sistemas de irrigação, por entupimento de comportas, aspersores e gotejadores, e danos às bombas, se filtros não forem usados para excluí-los. Comumente, os sedimentos tendem a assorear canais e valas e requerer serviços caros de dragagem, além de causar problemas de manutenção. Os sedimentos também tendem a reduzir ainda mais a taxa de infiltração de água do solo, às vezes já pouco permeável.

DIRETRIZES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

Diretrizes para avaliar a qualidade da água de irrigação são apresentadas no Quadro 1 (AYERS; WESTCOT, 1994). Enfatizam a influência, a longo prazo, da qualidade da água na produção agrícola, as condições e o manejo do solo agrícola. Foram preparadas pelo Comitê de Consultores da Qualidade da Água, da Universidade da Califórnia, em 1974, em colaboração com a equipe do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos. Essas diretrizes são o primeiro passo para apontar as limitações da qualidade da água, para uma grande quantidade de condições encontradas na agricultura irrigada, porém, podem-se fazer ajustes, quando se têm circunstâncias peculiares.

DEMANDA DE INTERVENÇÃO

O cenário existente aponta para uma necessidade de focar a água como insumo estratégico e recurso natural limitado. Do ponto de vista de insumo estratégico, a ênfase maior deve ser colocada no seu uso e, portanto, requer racionalização, para evitar perdas em quantidade (desperdício) e qualidade (contaminação). Do ponto de vista do recurso natural limitado, o foco deverá ser centrado na produção e preservação de

QUADRO 1 - Diretrizes para interpretação de indicadores de qualidade da água para irrigação¹

Problema potencial na irrigação	Unidade	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Leve a moderado	Severo
Salinidade (afeta a disponibilidade de água para as culturas) ⁽²⁾				
CE _a	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
TDS	mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltração (afeta a velocidade de infiltração da água no solo. Avaliar usando CE _a e RAS juntas) ⁽³⁾				
RAS = 0 – 3	CE _a =	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
= 3 – 6	=	> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
= 6 – 12	=	> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
= 12 – 20	=	> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
= 20 – 40	=	> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Toxicidade de ions específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na) ⁽⁴⁾				
Irrigação por superfície	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Irrigação por aspersão	me/L	< 3	> 3	
Cloro (Cl) ⁽⁴⁾				
Irrigação por superfície	me/L	< 4	4 – 10	> 10
Irrigação por aspersão	me/L	< 3	> 3	
Boro (B) ⁽⁵⁾	mg/L	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Efeitos diversos (afetam culturas suscetíveis)				
Nitrogênio (NO ₃ - N) ⁽⁶⁾	mg/L	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃) (apenas aspersão convencional)	me/L	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
pH		Faixa normal: 6.5 – 8.4		

FONTE: Ayers e Westcot (1994).

(1) Adaptado do Comitê de Consultores da Universidade da Califórnia 1974. (2) CE_a significa condutividade elétrica, uma medida da salinidade da água, em deciSiemens por metro (dS/m) a 25 °C, ou em unidades de millimhos por centímetro (mmho/cm). Ambos são equivalentes. TDS representa os sólidos totais dissolvidos, informados em miligramas por litro (mg/L). (3) RAS significa razão de adsorção de sódio. Pode causar redução na infiltração do solo, dependendo do nível de salinidade (CE_a). Os dois indicadores têm efeito opostos na infiltração. (4) Na irrigação por superfície, as árvores e plantas lenhosas são sensíveis ao sódio e cloreto. A maioria das culturas anuais não são tão sensíveis. Existem tabelas mais completas para várias culturas (AYERS; WESTCOT, 1994). (5) Para tolerância ao boro, existem tabelas mais específicas (AYERS; WESTCOT, 1994). (6) NO₃-N significa nitrogênio nitrato apresentado em termos do elemento nitrogênio. NH₄-N e N-orgânico devem ser incluídos quando águas residuárias são testadas.

água de boa qualidade. A Figura 1 procura esquematizar esse conceito.

O aspecto da gestão de recursos hídricos merece especial atenção na busca de soluções para o cenário descrito. Para alcançar tal objetivo, a gestão dos recursos deverá estar apropriadamente focada nas prioridades identificadas. Segundo Brito, Couto e Santana (2002), os focos deverão tratar de:

- gestão da demanda (racionalização do uso);
- gestão da oferta (produção de água);
- gestão da qualidade (conservação/prevenção).



Figura 1 - Diagrama ilustrativo da água como insumo estratégico e recurso natural finito
FONTE: Brito, Couto e Santana (2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um programa enfocando água na agricultura deve ter a qualidade da água como um dos seus focos principais. A água, do ponto de vista das atividades agrícolas ou rurais, precisa ser vista em dois momentos, ou em duas posições: a montante e a jusante.

A água a montante é aquela que será usada na agricultura ou na atividade rural e, portanto, constitui seu insumo maior. A agricultura, enquanto principal usuária, enfatiza a qualidade tendo em vista a adequabilidade do insumo para sua produção. Dentro desse enfoque, as exigências estão voltadas para questões relacionadas com parâmetros como pH, dureza, salinidade, presença de elementos ou organismos nocivos à produção agrícola e/ou pecuária e à saúde da população rural.

Outra característica peculiar à água a montante é o volume a ser usado, que, no caso da maior usuária, trata-se de grandes volumes.

A água a jusante é aquela que já foi utilizada, ou eliminada, no processo de produção agropecuária. Conhecida como o fluxo de retorno, que é a parcela que percola através da zona radicular e aquela que é perdida por escoamento superficial. No caso da agricultura irrigada, onde se utilizam sistemas de aspersão, há ainda uma pequena fração que se perde por deriva (vento). Como a maior parte do volume usado é evapotranspirado e retorna à atmosfera, o volume do fluxo de retorno é muito menor que o volume que foi derivado a montante.

Existem dois enfoques importantes:

- racionalização do uso do insumo, para evitar perdas controláveis;
- preservação da qualidade do fluxo de retorno enquanto recurso natural, que irá retornar ao sistema hídrico, para os lençóis freáticos e/ou os mananciais a jusante. Os parâmetros envolvidos nessa fase estão relacionados com os possíveis usos

por usuários posteriores, que podem ser também de uso agrícola ou não. Portanto, o conceito de qualidade será diferenciado, tanto em termos de parâmetros químicos, físicos e biológicos, quanto em termos de concentração desses parâmetros.

Com base no exposto, três linhas são sugeridas como prioridades para estudos/pesquisas futuros:

- reutilização de águas residuais, incluindo o uso de processos de dessalinização de águas salobras, no Semiárido, em pequenas propriedades rurais. Se por um lado alivia a escassez de água para o consumo humano e animal, por outro lado apresenta o desafio quanto ao manejo do rejeito salino;
- monitoramento da qualidade da água de mananciais que suprem sistemas agrícolas ou que recebem seus fluxos de retorno. Adquire considerável importância, ao detectar possíveis efeitos nocivos e sugerir intervenções preventivas ou corretivas;
- estudos sobre toxidez causada por substâncias ou elementos presentes em águas a montante ou a jusante de áreas agrícolas, que possam contaminá-las ou ser contaminadas, passam a merecer alta prioridade, principalmente no contexto ambiental.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. L. T. et al. Dinâmica de água e soluto em um latossolo cultivado com milho irrigado: 2 - lixiviação de nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO, DRENAGEM E CONTROLE DE ENCHENTES, 1., 2004, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre : ABID, 2004a.

_____. et al. Dinâmica de água e soluto em um latossolo cultivado com milho irrigado: 3 - lixiviação de atrazine. In: CON-

GRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO, DRENAGEM E CONTROLE DE ENCHENTES, 1., 2004, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre : ABID, 2004b.

ANVISA. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Norma de qualidade da água para consumo humano. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, 26 mar. 2004. Seção 1, p.266.

AYERS, S.; WESTCOT, D.W. *Water quality for agriculture*. 3rd. ed. Rome: FAO, 1994. 153p. (FAO. Irrigation and Drainage. Paper, 29R).

AZEVEDO, A. S.; KANWAR, R. S.; PEREIRA, L. S. Assessing atrazine in irrigated soil profiles. In: PEREIRA, S.; GOWING, J.W. (Ed.). *Water and the environment: innovative issues in irrigation and drainage*. London: E & FN Spon, 1998. p.12-19.

BRITO, R. A. L. Disponibilidade e produtividade da água: um desafio para o século 21. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO SEMI-ÁRIDO MINEIRO 1., 2007, Janaúba. *Anais...* Desenvolvimento sustentável regional. Montes Claros : UNIMONTES, 2007. v.1, p.47-56.

_____; COUTO, L.; SANTANA, D. P. Agricultura irrigada, recursos hídricos e produção de alimentos: uma interação produtiva e positiva. *ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna*, Brasília, n. 55, p.64-69, 2002.

MOLLE, F.; BERKOFF, J. *Cities versus agriculture: revisiting intersectoral water transfers, potential gains and conflicts*. Colombo, Sri Lanka: IWMI, 2006. 70p. (Comprehensive Assessment Research Report, 10).

REBOUÇAS, A. C. *Uso inteligente da água*. São Paulo: Escrituras, 2004. 207p.

RHOADES, J. D. Reclamation and management of salt-affected soils for drainage. In: ANNUAL WESTERN PROVINCIAL CONFERENCE ON RATIONALIZATION OF WATER AND SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT, 1., 1982, Alberta, Canada. [*Proceedings*]... Alberta, 1992. p.12-197.

STOCKLE, C. O. *Environmental impact of irrigation: a review*. Pullman: Washington State University, 2001. 15p.