

# ÁGUA

## sustentabilidade, uso e disponibilidade para a irrigação

*Afranio Almir Righes*

*Todos aprendemos que água é um líquido composto por hidrogênio e oxigênio, sem cor, cheiro ou sabor, transparente em seu estado de pureza; quimicamente é formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio. Aprendemos também que a ligação dos hidrogênios com o oxigênio forma um ângulo de 105°, criando um dipolo, que atribui à água a característica de ser um solvente universal, podendo ligar-se a partículas positivas e negativas. O que nem sempre se aprende sobre este elemento natural imprescindível à vida no planeta, é que se trata de recurso multifuncional, servindo ao abastecimento humano, à agropecuária, à geração de energia, ao transporte e à recreação. O que também nem sempre se aprende é que este insumo básico, utilizado na maioria das atividades econômicas, é vulnerável à degradação qualitativa, podendo, portanto, comprometer o uso humano, a produção vegetal e, em consequência, a produção de alimentos. A água, de março ou qualquer outro mês, é sempre promessa de vida.*

## **Impacto da ação humana sobre a sustentabilidade da água**

Sabe-se que o balanço entre a demanda de uma comunidade de plantas ou animais sobre o meio ambiente e a capacidade da natureza para satisfazer essa demanda, não é um equilíbrio estático como ocorre em escala laboratorial. É um equilíbrio instável, como ocorre com um equilibrista em um fio ou barra. Assim, uma espécie de vida selvagem aumenta em número de acordo com a disponibilidade de alimento, atingindo uma densidade de equilíbrio dinâmico. Nas sociedades primitivas, as populações também oscilavam, tendo como fatores limitantes a fome, as doenças e as guerras, que mantinham o equilíbrio populacional. Um problema de desequilíbrio ocorreu quando o homem aprendeu a modificar os fatores limitantes, controlando as doenças e melhorando a qualidade de vida. Thomas Malthus estabeleceu a tese de que a população aumenta numa taxa geométrica enquanto que o suprimento de alimentos, e outras demandas normais de sobrevivência, aumentam em uma taxa aritmética, colocando em risco o ponto de equilíbrio. Por outro lado, a revolução industrial colocou nas mãos do homem ferramentas e máquinas que possibilitaram a exploração das reservas naturais numa escala até então inimaginável. A extração da madeira, com a destruição das florestas, é um exemplo de expansão das áreas agrícolas sem respeitar a legislação sobre as classes de uso da terra. Esse tipo de exploração ainda está presente e continua na mente de muitos empresários, facilitada pelo avanço tecnológico e pela disponibilidade de equipamentos cada vez mais potentes e agressivos ao meio ambiente. Além disso, muitas outras ações desordenadas têm contribuído para a degradação ambiental.

A população mundial de 5,3 bilhões de pessoas pode, segundo projeções, atingir 9 bilhões nos próximos 40 anos. Estimativas prevêem que 95% do crescimento até o ano 2050 ocorrerão nos países em desenvolvimento. O incremento na demanda por alimentos associado à limitação da disponibilidade de água e à sustentabilidade dos sistemas de exploração agrícola é um dos principais desafios para a presente geração que luta contra a pobreza em países em desenvolvimento, sem comprometer as condições de vida para as gerações futuras.

A produção mundial de alimentos deverá ser duplicada nas próximas décadas. A maior parte deste incremento deverá ocorrer nos países referidos, onde os recursos naturais, como a água e o solo, serão os principais fatores limitantes. Estudos estimativos do Banco Mundial /UNDP afirmam que nos países em desenvolvimento a agricultura irrigada poderá ter um aumento de 110 milhões de hectares, produzindo grãos suficientes para alimentar até 2 bilhões de pessoas.

O Prêmio Nobel de Física, Abdus Salam, em seu livro *Ciência, tecnologia, educação científica e o desenvolvimento no Hemisfério Sul*, afirma que o nosso globo é habitado por duas espécies distintas de seres humanos onde 25% da população são desenvolvidos, ocupam 40% da superfície terrestre e controlam mais de 80% do PIB. Os 75% restantes da população são “os miseráveis” e vivem nos 60% restantes da área do globo terrestre. O que distingue uma espécie de outra é o poderio que resulta basicamente das diferenças no domínio e utilização da ciência e das tecnologias contemporâneas.

O poderio econômico mundial está concentrado no bloco dos países ricos e os demais são classificados como países em desenvolvimento ou países pobres. Esses países seriam menos desenvolvidos porque não desenvolveram e utilizaram ciência e tecnologia? Não teriam controlado os fatores limitantes do meio ambiente e do desenvolvimento econômico? Se analisarmos a localização dos países mais ricos do mundo, que têm como base econômica a exploração agrícola, pode-se constatar que, em geral, situam-se nas regiões frias, acima da latitude de 40° Norte, como Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, Suíça, Bélgica e outros.

Os solos das regiões situadas entre 40° Norte e 40° Sul do Equador, são altamente susceptíveis à degradação ambiental quando a cobertura vegetal é retirada (figura 1).<sup>1</sup> Porém, o problema não reside somente na quantidade de chuva que cai, mas também no tipo de chuva e na energia cinética. O dano causado pelo impacto de uma gota de água no solo por uma chuva tropical é muitas vezes maior do que o dano causado por chuvas de regiões de clima temperados que, segundo estimativas, é 260 vezes maior do que a energia da enxurrada.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CONSTANTINESCO, I. Soil conservation for developing countries. *Soil Bulletin*, 30, FAO, Roma, 1976.

<sup>2</sup> HUDSON, N. *Soil Conservation*. Ithaca, NY.: Cornell Univ. Press, 1977.

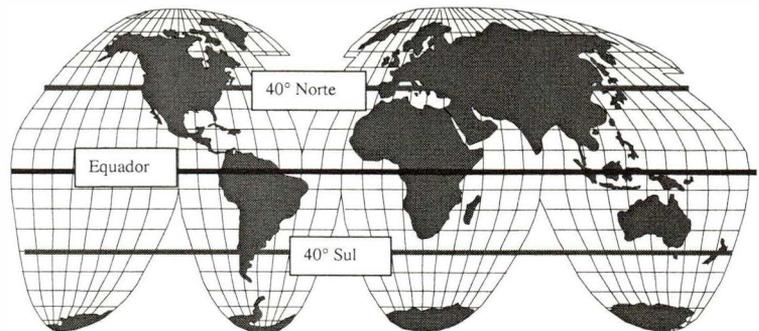


Figura 1

Áreas situadas a 40° Norte e 40° Sul do Equador particularmente susceptíveis à degradação ambiental quando a vegetação normal é removida.

Em escala mundial, os limites das áreas facilmente degradáveis, onde as chuvas têm ações destrutivas, estão situados entre 40° Norte e 40° Sul do Equador, região onde se localiza a maioria dos países pobres de nosso planeta. Exceções a esse comportamento em escala mundial, ocorrem nas regiões desérticas da África, na região central da Austrália e na região das florestas equatoriais da Ásia.

A maior parte do território brasileiro situa-se entre o Equador e a latitude de 40° Sul. Região altamente susceptível à degradação ambiental, quando a vegetação nativa é retirada e a superfície do solo fica desprotegida. No Rio Grande do Sul, na década de 40, a cobertura vegetal em florestas nativas atingia valores em torno de 46% e, segundo dados do inventário florestal realizado no Rio Grande do Sul, na década de 80, este percentual estava em torno de 5,62% (1.585.731 ha).<sup>3</sup> No momento, novos dados sobre a cobertura florestal do território sul-rio-grandense estão sendo levantados.

Além da desagregação do solo pelo impacto das gotas de chuva e do transporte das partículas coloidais para a poluição dos mananciais, ocorre o fenômeno da formação de crostas superficiais. Esse processo tem relevância para os sistemas de produção agrícolas principalmente nas regiões referidas. A formação de crosta em solos expostos atribui-se a dois mecanismos: (i) desagregação física dos agregados do solo e sua compactação e (ii) a dispersão físico-química e movimento das argilas na região de 0,1 mm a 0,5 mm de profundidade, obstruindo a continuidade dos poros. Nessa fina camada, a espessura do solo formado é menor do que 2 a 3 mm, apresentando alta densidade, alta resistência e baixa condutividade hidráulica saturada. Como conseqüência, os solos com selamento apresentam baixa capacidade de infiltração de água e altos valores de escoamento superficial.<sup>4</sup> Estudando a formação de crostas e perdas de solo, Levy e colaboradores comprovaram que ambas foram significativamente afetadas pela percentagem de sódio trocável e pela qualidade da água, sendo responsável por 70% da variação da capacidade de infiltração final da água no solo.<sup>5</sup>

Na década de setenta, trabalhos foram publicados no Rio Grande do Sul, avaliando a capacidade final de infiltração de água no solo em função do tempo de exploração no sistema de preparo convencional. Constatou-se que, em condições de mata nativa, a capacidade de infiltração de água no solo, na unidade de mapeamento Santo Ângelo, era de 180 mm/h e que, após 50 anos de cultivo trigo-soja, a capacidade de infiltração foi reduzida para 8 mm/h. Essa redução foi atribuída à degradação da estrutura do solo, principalmente pela sua excessiva mobilização, provocada pelo uso de equipamentos agrícolas que foram desenvolvidos para as regiões frias (América do Norte e Europa), e que foram sim-

<sup>3</sup> BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. IBDF. *Inventário florestal nacional – florestas nativas*. RS. Brasília: IBDF, 1983.

<sup>4</sup> AGASSI, M., CHAIMBERG I. & MORIN, J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. of Am. J.*, 45:848-851, 1981.

<sup>5</sup> LEVY, G. J., LEVIN, J. & SCHAINBERG, I. Seal formation and interrill soil erosion. *Soil Sci. Soc. of Am. J.*, 58:203-209, 1994.

plesmente importados e usados diretamente em regiões tropicais sem qualquer avaliação anterior.

Muitos poderiam pensar por que os solos utilizados para agricultura nos EUA não entraram em colapso se agricultores ainda usam o sistema tradicional de lavrar e discar o solo. O fato é que existe uma grande diferença ambiental entre EUA e Brasil. A maior parte dos solos férteis dos Estados Unidos estão situados em regiões climáticas que têm pelo menos 6 meses de inverno, com temperaturas bem abaixo de 0°C. Durante esse tempo, o solo fica congelado e praticamente paralisa toda a atividade biológica (bactérias celulolíticas, proteolíticas e nitrificadoras), mantendo-se estável o conteúdo de matéria orgânica. Por outro lado, nas regiões tropicais, a velocidade das reações de transformação da matéria orgânica é muitas vezes maior do que nas regiões frias. Nas regiões tropicais, quando a vegetação nativa é removida, o conteúdo de matéria orgânica dos solos é reduzido drasticamente, ocorrendo a instabilidade da estrutura edáfica à ação da água e, como consequência, a redução do fluxo de água para dentro do solo. Esse é um dos principais problemas mundiais que tem provocado os desequilíbrios hidrológicos na natureza. Como consequência, destacam-se períodos de seca ou de excessos de água, aumentando o escoamento superficial, provocando, cada vez mais, catástrofes como enchentes e inundações.

Mais recentemente, no Rio Grande do Sul, com a adoção do sistema de plantio direto, ou plantio na palha, a perda de solos por erosão foi praticamente controlada. A manutenção da superfície do solo com cobertura foi tão importante no controle à erosão hídrica, que os agricultores passaram a retirar os terraços, sem problemas significativos de perdas de solo por erosão. Entretanto, em áreas com longas pendentes, a retirada dos terraços tem provocado um significativo aumento no fluxo de água sobre a superfície do solo, agravado ainda pelo fato de que, em muitas situações, não mais é observada a recomendação técnica conservacionista de realizar a semeadura em curva de nível. Esse procedimento foi rapidamente difundido e utilizado pelos agricultores devido à reduzida perda de solo por erosão e ao aumento da capacidade operativa das máquinas agrícolas. O tráfego de máquinas pesadas, na operação de colheita e de outras atividades de deslocamento sobre o solo, tem contribuído para a compactação do mesmo, reduzindo, assim, a taxa de infiltração e causando perdas de água por escoamento superficial. Embora esse fluxo de superfície não cause problemas graves no que se refere ao transporte de sedimentos, apresenta problemas potenciais de desequilíbrios ambientais, como:

- a) redução do tempo de concentração em bacias hidrográficas, provocando enchentes com alagamentos frequentes e com grandes amplitudes de vazões em cursos d'água;
- b) redução do volume de água armazenado no perfil do solo;
- c) redução na recarga dos aquíferos subterrâneos, fator importante para a manutenção da vazão em poços artesianos;
- d) transporte de herbicidas e defensivos agrícolas diretamente para os mananciais, contaminando a água que poderá ser captada a jusante para o abastecimento humano;
- e) perdas de adubos, principalmente nitrogênio e potássio; e
- f) possível disseminação de doenças fúngicas no fluxo de superfície para outras regiões agrícolas.

O fluxo de água no solo não é um parâmetro constante e sofre alterações profundas em função dos sistemas agrícolas utilizados. Fatores como cobertura do solo, sistema de cultivo, textura e estrutura do solo, camadas compactadas, crosta superficial, conteúdo de matéria orgânica, fauna do solo, salinidade e alcalinidade entre outros, interferem significativamente no sistema solo-água e na sustentabilidade e perenidade dos mananciais hídricos, condição básica para a sustentabilidade da agricultura irrigada.

### **Disponibilidade e escassez de água**

Relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) faz um alerta mundial: em 28 anos, a carência de água atingirá dois terços da população. Com base nas estimativas de aumento populacional, 8,3 bilhões de pessoas habitarão a Terra em 2025. Isto significa que, em torno de 5,5 bilhões de pessoas vão sofrer com a falta de água e deverão reduzir o consumo em 35%. Ou seja, a quantidade total de água na Terra é a mesma e a demanda de água no mundo dobra a cada 21 anos, tendo aumentado 10 vezes desde 1900.

Aproximadamente 97% do volume total da água existente no planeta está nos mares e os 3% restantes encontram-se na terra; destes, 77% nas calotas polares, principalmente na Groelândia e na Antártica e nos mares salinos situados nos continentes; 22% como água subterrânea e 1% em outras formas. Deste 1%, os lagos detêm 61%, a água atmosférica e o solo 39% e os rios menos de 4/10 dos 1%, salientando-se que é dos rios que se retira grande parte da água necessária para a irrigação.

Observando-se o quadro 1, nota-se que o volume total de água em rios é somente cerca de 1.230 km<sup>3</sup>, o que representa 1/10.000 de 1% da água da terra, portanto, grande atenção deve ser dispensada pelos órgãos governamentais para manter viva esta importante fonte de água para a irrigação.

Quadro 1

Distribuição do volume total de água existente na terra.

Fontes de água	Volume em Km <sup>3</sup>	Porcentagem do total
Oceanos	1.299.700.000	97,24%
Gelo das calotas polares	28.700.000	2,14%
Água subterrânea	8.200.000	0,61%
Lagos (água doce)	123.000	0,009%
Mares continentais	102.500	0,008%
Água no solo	65.600	0,005%
Atmosfera	12.710	0,001%
Rios	1.230	0,0001%
TOTAL	1.336.905.040	100%

Fonte: NACE, U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 1967.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> NACE, U. S. GEOLOGICAL SURVEY. Earth's water distribution, 1967. <http://www.ga.usgs.gov/edu/waterdistribution.html>

### *Uso da água na Terra*

Após atender as necessidades de uso para os seres humanos, o uso mais importante da água é na agricultura, na produção de plantas. A agricultura extensiva não seria capaz de fornecer alimentos em quantidades suficientes para atender a demanda em todo o mundo se não fosse utilizada a irrigação.

Analisando o ciclo da água nos diferentes sistemas, constata-se que 90% da água utilizada no abastecimento doméstico ou na indústria retornam ao meio ambiente alimentando córregos e rios ou permanece no subsolo, podendo ser reutilizada para outros propósitos. Entretanto, da água utilizada na irrigação apenas 50% são reutilizados para outros fins. O restante é perdido por evaporação para a atmosfera ou na transpiração pelas plantas.

Dados sobre o consumo mundial de água indicam a seguinte situação: agricultura com 69%, indústria com 23% e uso doméstico com 8%. Nesse contexto, ganha importância a eficiência do uso da água em sistemas de irrigação para fins agrícolas.

### *Distribuição e demanda da água no Brasil*

O Brasil é um país rico em água. Detém 8% do potencial de toda a água do mundo, com, no entanto, distribuição desigual. Da água potável brasileira, 81% está na Bacia Amazônica onde se concentram 5% da população e os 19% para o restante do país, onde se concentram 95% da população brasileira.

Embora o segmento de saneamento básico seja prioritário em termos de recursos hídricos, é necessário ampliar a oferta de água para aumentar a produção de alimentos, pelo acréscimo de produtividade das culturas irrigadas e para usos industriais. Segundo Maia Neto, o Brasil tem 60 milhões de hectares irrigáveis,

<sup>7</sup> MAIA NETO R. M. Água para o desenvolvimento sustentável. A água revista. *Revista Técnica e Informativa da CPRM*, v. 9, p. 21-32, nov., 1997.

dos quais apenas 3 milhões são irrigados.<sup>7</sup> As áreas privilegiadas em água, em geral oferecem poucos benefícios de desenvolvimento face à subutilização dos recursos hídricos; por outro lado, regiões desenvolvidas com escassez de água serão mais vulneráveis aos riscos de degradação e terão que enfrentar problemas sérios nesse milênio.

O Rio Grande do Sul é o Estado que apresenta a maior área irrigada do país. Essa condição deve-se principalmente à lavoura de arroz irrigado por inundação. Segundo dados do Instituto Rio-Grandense do Arroz, de 1993, em 43% das propriedades orizícolas o processo de distribuição de água é feito por gravidade e nos 57% restantes a captação depende de conjuntos moto-bombas (56% acionadas por motores diesel e 44% por motores elétricos). Atualmente, os grandes produtores de arroz do Estado estão transformando os sistemas de bombeamento, substituindo os motores diesel pelos motores elétricos.

O consumo médio de água pela lavoura arrozeira do Rio Grande do Sul é de 2 l.seg<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup> com uma eficiência de irrigação de 40 a 45% que, em condições adequadas de solo, relevo e manejo da água, pode atingir 60%. As perdas por infiltração lateral e percolação atingem valores entre 2 e 6 mm dia<sup>-1</sup> podendo chegar a valores de até 20 mm dia<sup>-1</sup> em condições desfavoráveis.<sup>8</sup>

De acordo com Cauduro,<sup>9</sup> os valores aproximados do consumo de água em lavouras de arroz é de 11.513 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, distribuídos em parcelas de consumo conforme quadro 2.

<sup>8</sup> GOMES, A. da S. & PETRINI, J. A. Manejo da água em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ, XXII. *Anais*. EPAGRI-IRGA, Itajaí, SC. 1997. p.68-70.

<sup>9</sup> CAUDURO F. A. *Apontamentos de irrigação*. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 1996.

Quadro 2

Valores aproximados do consumo de água em lavouras de arroz.

Parcelas do consumo	Consumo (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Consumo (%)
Saturação do perfil	900	8,0
Formação da lâmina	1.000	8,5
Evapotranspiração	5.550	48,0
Infiltração lateral	4.020	35,0
Percolação	43	0,5
Total	11.513	100

Analisando estes dados, pode-se deduzir que 48% da água utilizada para a irrigação do arroz são evapotranspirados, portanto, saem do sistema direto para a atmosfera, podendo não retornar ao ciclo hidrológico da bacia hidrográfica de onde foram retirados se o processo de condensação ou chuva ocorrer em outra região. Em anos normais, durante o período de verão, muitos rios da metade sul do Estado não têm vazão suficiente para atender a demanda das lavouras de arroz irrigado, iniciando os conflitos pelo uso da água.

Previsões sobre a área dedicada à produção de arroz no período de 1998/99 a 2004/05 indicam crescimento anual de 0,86%, o que determinaria um aumento anual na produção de grãos em 2,06%. Com o uso de novas tecnologias de produção, nos últimos anos, o consumo de água está diminuindo. Entretanto, segundo previsões realizadas pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a demanda por água vai aumentar significativamente num futuro bem próximo.<sup>10</sup> Com base nos dados apresentados, constata-se que a orizicultura é responsável por um grande consumo de água, havendo necessidade de aumentar a eficiência de captação, condução, aplicação e uso da água de irrigação, bem como estabelecer políticas de uso dos recursos hídricos do Estado.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na Resolução de 001/86 de 23 de janeiro de 1986, estabelece a exigência de licenciamento ambiental para atividades modificadoras do meio ambiente, como canais e obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos com fins de irrigação. Através da Resolução n.º 237/97 de 19 de dezembro de 1997, atribui competência aos estados para avaliar os pedidos de licenciamento, que no caso do Rio Grande do Sul coube à Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). Entretanto, as legislações e os órgãos de controle do meio ambiente pouco têm feito para aumentar a infiltração de água no solo e reduzir o escoamento superficial, fator indispensável para a perenidade dos rios. Somente a aplicação da Lei e as conseqüentes taxações de uso da água não serão suficientes para resolver o problema. Torna-se necessário ampliar a capacidade de armazenamento de água nos reservatórios e reduzir o escoamento superficial aumentando a capacidade de infiltração de água no solo. Com esse procedimento, indiretamente, será reduzido o pico de descarga (enchentes) em mananciais e serão estabilizadas as vazões básicas dos rios durante o período de estiagem, momento de maior demanda para irrigação. Os orizicultores que fazem investimentos visando aumentar o armazenamento de água em reservatórios não alimentados por sangas ou pequenos riachos, cujas bacias de captação estão dentro da propriedade, deveriam ficar isentos da taxação do uso da água, pelo fato de que a área de terra alagada não pode ser usada para agricultura, portanto, eles já estão pagando para armazenar água.

### **Manejo conservacionista de sistemas agrícolas**

O desenvolvimento de atividades agrícolas de forma desordenada tem contribuído para o comprometimento dos recursos naturais e da qualidade ambiental. O conhecimento da taxa de infiltração básica em um solo é extremamente importante na definição de práticas de manejo que afetam o fluxo de água e, por conseqüência, interferem na estabilização das vazões em rios e na disponibilidade de água para a irrigação. O preparo do solo intensi-

<sup>10</sup>ZAFFARONI, E. & TAVARES, V. E. O licenciamento ambiental dos produtores de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, Brasil. *Agro-Verde*, Documento reproduzido do IICA, 2000. ([www.iica.org.uy/p.2-8.htm](http://www.iica.org.uy/p.2-8.htm)).

<sup>11</sup>SANTOS, A. B.; SILVA, F. & FERREIRA, E. Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 3, p. 317-327, 1997.

<sup>12</sup>NISHIJIMA, T. & RIGHES, A. A. escoamento superficial de água em cinco sistemas de manejo do solo com cultura de milho. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 17(3):223-233, 1987.

vo pode provocar maiores distúrbios na estrutura, causando desagregação das camadas superficiais e compactação subsuperficial, o que facilita a erosão com perdas de solo e água.<sup>11</sup>

Nishijima & Righes, estudando o escoamento superficial em cinco sistemas de preparo do solo com chuva natural, constataram que: (i) o plantio direto e o cultivo mínimo reduziram o escoamento superficial em 81% e 55% respectivamente, quando comparado ao sistema convencional; (ii) o uso do *mulching* vertical localizado em valas de 15 cm de largura por 45 cm de profundidade, situadas a cada 10 m no sentido perpendicular ao declive, no sistema convencional, reduziu em 50% o escoamento superficial, quando comparado com o sistema convencional sem *mulching*. Analisando as perdas de matéria orgânica nos sedimentos carreados em função de diferentes sistemas agrícolas, concluíram que a cobertura do solo e o uso do *mulching* vertical reduziram as perdas de matéria orgânica em 77% e 60% respectivamente em relação ao sistema convencional.<sup>12</sup> Atualmente, os mesmos pesquisadores juntamente com a EMBRAPA e a SEMEATO conduzem, na região de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, o projeto "Efeito do *Mulching* Vertical no Escoamento Superficial em Sistema de Plantio Direto". Dados preliminares indicam que o uso do *mulching* vertical (abertura de um corte vertical no solo com 7 cm de largura com aproximadamente 40 cm de profundidade preenchido com palha), espaçados de 10 m, perpendicular ao declive (figura 2), evitou o escoamento superficial de água durante 1,5 horas com simulação de uma precipitação com intensidade de 100 mm/h.

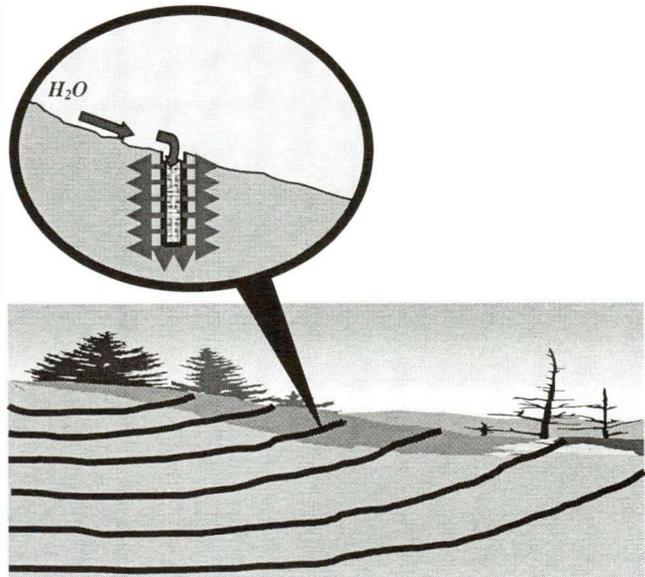


Figura 2

*Mulching* vertical acompanhando as curvas de nível do terreno.

O uso do *mulching* vertical poderá tornar-se uma eficiente alternativa para reduzir o escoamento superficial em lavouras de plantio direto que apresentam problemas de infiltração de água. Efeitos indiretos do uso dessa tecnologia também podem ser obtidos, entre eles: aplicação de matéria orgânica em profundidade; redução das perdas de resíduos culturais na enxurrada, principalmente nas lavouras de milho; ultrapassagem da camada de impedimento (pé de arado), colocando a água da enxurrada abaixo da camada que limita a infiltração; aumento da carga hidráulica da água nesse sulco aumentando o fluxo para dentro do solo; redução das perdas de nutrientes e do transporte de defensivos agrícolas para a contaminação dos mananciais; em solos ácidos, pode-se aplicar calcário em profundidade, contribuindo para o aumento da profundidade do sistema radicular.

O sistema de plantio direto é o mais popular sistema de cultivo conservacionista. Protege a superfície do solo do impacto direto das gotas de chuva, tendo demonstrado, dessa maneira, o caminho para a recuperação da estrutura do solo e para redução do escoamento superficial, diminuindo as fontes poluentes dos rios, como o nitrogênio, potássio e outros. Segundo Lombardi Neto *et al.*, a cobertura vegetal principalmente o *Mulch*, absorve toda a energia cinética da chuva, não restando energia residual para provocar a desagregação do solo.<sup>13</sup> Entretanto, questões têm sido levantadas em relação às perdas de nitrogênio nesse sistema. Maior conteúdo de água no solo e redução do escoamento superficial são fatores potenciais para a lixiviação do NO<sub>3</sub> para camadas mais profundas no solo. Menelick *et al.*, estudando durante três anos a dosagem, época e fonte de N aplicado em milho não irrigado em sistemas de plantio direto e convencional, constataram que a produção e o N recuperado foram, respectivamente, 19% e 22% superiores no sistema de plantio direto, quando comparado com o convencional. Com adubação orgânica, o rendimento de grãos e a absorção de N foram maiores.<sup>14</sup>

Seta *et al.* avaliaram o efeito dos sistemas convencional, escarificação e plantio direto na qualidade da água do escoamento superficial. A taxa média do escoamento superficial, o volume, a concentração média de sedimentos e a perda total de solo foram significativamente menores no plantio direto do que no sistema escarificado e no convencional. As perdas totais de NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e PO<sub>4</sub> e atrazine no escoamento superficial seguiram a seguinte ordem: sistema convencional maior do que no escarificado e do que no plantio direto. O somatório de todas as perdas de produtos químicos foi menor do que 3% da quantidade total aplicada.<sup>15</sup>

Apesar dos problemas de qualidade ambiental e da situação geográfica (entre Equador e 40° latitude Sul), o Brasil é um dos países que tem demonstrado avanços em termos de agricultura ecológica em grande escala. Pode-se citar o trabalho da EMBRAPA,

<sup>13</sup> LOMBARDI NETO, F.; MARIA, I. C.; CASTRO, M.; DECHEN, S. C. F & VIEIRA, S. R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 12, n. 1, p. 71-75, 1988.

<sup>14</sup> MENELICK, G., RENEAU, R. B & MARTENS, D. C. Corn yield and nitrogen uptake as influenced by tillage and applied nitrogen. *J. Plant. Nutr.*, New York, v. 17(6):911-913, 1994.

<sup>15</sup> SETA, A. K., BLEVINS, R. R. L. FRYE, W. W. & BARFIELD, B. J., Reducing soil erosion and agricultural chemical losses with conservation tillage. *J. Environ. Qual.*, Amer. Soc. of Agron., 22(4):661-665, 1993.

no caso da fixação biológica de nitrogênio na soja, reduzindo a aplicação de adubos nitrogenados, que podem facilmente poluir as águas superficiais e subterrâneas; e os avanços tecnológicos da biotecnologia no desenvolvimento de cultivares mais adaptados às condições ecológicas dos solos das regiões tropicais.

Há necessidade de discussões e de redirecionamento da pesquisa agrícola para atingir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas utilizados, principalmente através do uso de tecnologias que sejam econômica e socialmente integradas, que contribuam para o aumento da produtividade dos cultivos agrícolas, mas ao mesmo tempo, conservem a água no solo e não degradem a qualidade ambiental. A Constituição Federal e a do Estado do Rio Grande do Sul tratam a água como recurso que pertence à sociedade. A Lei Estadual n.º 10.350 de 30 de dezembro de 1994, tem sua concepção estruturada a partir da análise de diferentes modelos institucionais adotados em vários países e das experiências concretas dos Comitês de Bacias dos rios Gravataí e Sinos. A Lei estabelece ainda o regramento para importantes instrumentos do gerenciamento, como a outorga do uso da água, a cobrança pela utilização dos recursos hídricos e o rateio dos custos originados do conjunto de ações necessárias ao cumprimento dos objetivos propostos pelo Comitê de Bacia Hidrográfica. Existe, também, necessidade de conscientizar a população em geral de que a água é um bem esgotável, que precisa ser cuidado e preservado para continuar sendo promessa de vida para as gerações futuras.

**Afranio Almir Righes** é engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia de Água e Solo e professor do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.