

**IRRIGAÇÃO POR BACIAS EM NÍVEL:
UM MÉTODO PARA ECONOMIZAR ÁGUA E TRABALHO**

*Leonard J. Erie e Allen R. Dedrick**

*Tradução: Zélia Maria R. Pereira***

*Revisão e Adaptação: Aurelir Nobre Barreto****

Resumo: Este sistema de irrigação está ganhando importância na agricultura americana. Nos últimos dez anos, esta modalidade de irrigação superficial tem servido de instrumento de conservação de solo e economia de água e energia. Seu uso tem-se tornado extensivo no Arizona, Califórnia e outros locais dos Estados Unidos, por apresentar baixos custos operacionais e alta eficiência na aplicação da água. A irrigação por bacias em nível ou completamente na horizontal consiste em aplicar a lâmina de água necessária à cultura, no terreno nivelado e contornado com um dique, num curto espaço de tempo para permitir um rápido avanço da água nos sulcos, nas melgas ou nas faixas, minimizando, assim, as perdas por percolação profunda. O tamanho de uma bacia depende das características de infiltração da água no solo, da vazão disponível, do tipo de cultura e da lâmina a ser aplicada. Um bom conhecimento da dinâmica de água no solo e do cálculo de sistematização são necessários ao projetista, no sentido de proporcionar adequadamente as dimensões da área. Este manejo de irrigação pode ser adaptado a todas as culturas e solos, mas o sucesso é maior em solos de textura média e pesada. As bacias em nível têm sido usadas há séculos na Itália e Rússia; nos Estados Unidos foram utilizadas desde 1975 e, agora, no Brasil, com excelentes resultados.

* Engenheiros Agrônomos USDA/ARS, Laboratório de Conservação de Água dos EEUU Phoenix, Arizona. 85.040.

** Engenheira Agrônoma. MS. 3 DR/DNOCS, Recife-PE.

*** Engenheiro Agrônomo. MS. Engenharia Irrigação – EMEPA-PB.

INTRODUÇÃO

A irrigação por bacias em nível, um método gravimétrico, pelo qual a água é aplicada à superfície do solo nivelado em um curto período de tempo, está adquirindo importância crescente na agricultura dos Estados Unidos como um instrumento de conservação de solo. Numa época de necessidades crescentes de irrigação, e preocupação sobre suprimento de energia e de água, e de elevados custos operacionais, o método está sendo usado extensivamente no Sudoeste para melhorar a eficiência na aplicação da água.

A irrigação por bacias em nível — ou completamente em nível (fig. 1) — consiste em aplicar água a uma área do terreno nivelado, circundado por

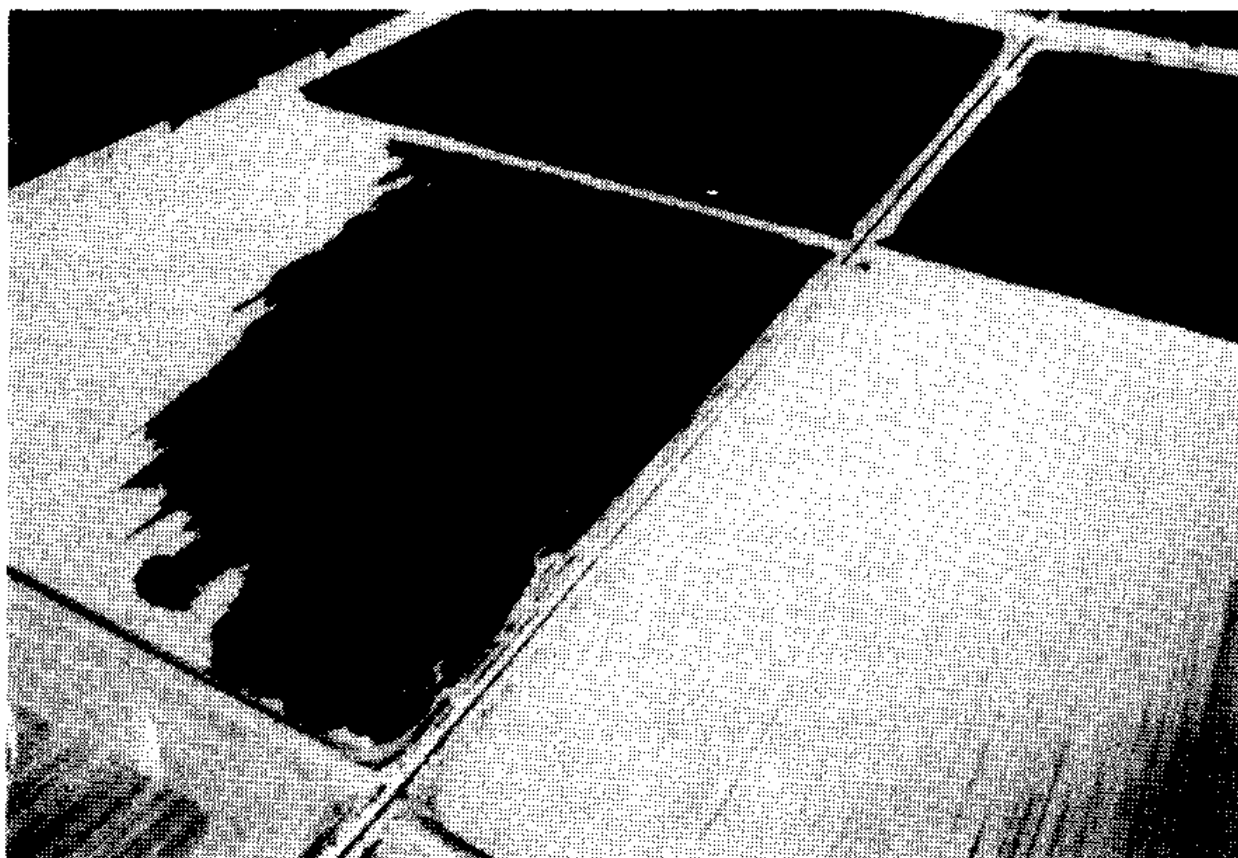


Fig. 1 — Irrigação de bacias em nível de 3 a 4 hectares, por tomadas de água simples localizadas no canto de cada bacia. A irrigação está completa nas duas bacias ao alto; a terceira bacia está sendo irrigada. A água é conduzida às bacias em canais revestidos de concreto.

uma barreira de controle, como um dique. As bacias em nível diferem da irrigação comumente usada em faixas niveladas. As faixas niveladas têm declividade na direção da irrigação enquanto que a água aplicada às bacias, por um pequeno período, fica confinada até ser absorvida pelo solo.

O projeto do tamanho da bacia depende da vazão do fluxo de suprimento de água e das características de infiltração do solo. A irrigação por bacias em nível pode ser adaptada a todas as culturas, solos e a certas classes de água contra-indicada para outros métodos de irrigação. É mais adaptável, no entanto, a solos com uma baixa a média velocidade de infiltração.

As bacias em nível têm sido usadas há séculos, especialmente na cultura do arroz, na Itália e Rússia, mas a prática é relativamente nova no Oeste dos Estados Unidos. Estão atualmente em operação cerca de 16.000 a 20.000 hectares de cultivos em Wellton – Mohawk Valley próximo a Yuma, Arizona, e sua utilização está-se expandindo rapidamente para outros locais do Arizona e Sul da Califórnia.

1 – VANTAGENS

Os sistemas de irrigação por bacias em nível têm muitas características que podem resultar em alta eficiência de irrigação e oferecer várias vantagens sobre as outras técnicas de irrigação de superfície, comumente usadas. As vantagens dos sistemas por bacia em nível são as seguintes:

. Se o sistema for projetado adequadamente, as perdas por percolação profunda são minimizadas e pode-se conseguir uma elevada eficiência de aplicação de água (relação entre a água necessária para uma irrigação e a quantidade de água aplicada) uma vez que não há escoamento de água (não há descarga a jusante). Uma eficiência de irrigação acima de 90% é comumente obtida em solos de textura fina (infiltração baixa). A eficiência de irrigação pode ser menor para solos de textura grossa (infiltração elevada).

. A chave para se obter uma eficiência elevada é levar a água por todo o campo tão rapidamente quanto possível, de tal maneira que seja pequena a diferença no tempo de oportunidade de infiltração para todas as áreas de bacia.

. A lavagem de sais é efetuada naturalmente com o sistema de irrigação por bacia em nível. A razão disso é que uma vez que a água cobre uniformemente e permanece estática por toda a superfície, ela tem a oportunidade de

penetrar, reduzindo sais residuais que normalmente permanecem com a irrigação por sulcos em declive ou em faixas. Uma vez que não existe escoamento da água, ela também pode ser utilizada para fins de lavagem.

. A percolação profunda da água será mínima em uma bacia em nível convenientemente projetada e manejada. Isto reduz a elevação do lençol freático e diminui a necessidade de drenagem. Aplicações corretas de água também mantêm os fertilizantes na zona radicular e diminuem seus efeitos nocivos no lençol freático.

. O trabalho de cálculo para aplicação da quantidade certa de água é eliminado, uma vez que não existe escoamento superficial e toda a água aplicada numa bacia é utilizada dentro dessa bacia. A fórmula

$$T = \frac{AD}{Q}$$

pode ser utilizada para calcular o tempo de aplicação T (minutos) visto que a área A (hectares) pode ser medida; a lâmina de água a ser aplicada D (milímetros) é uma quantidade conhecida; e a vazão Q em metros cúbicos por minuto pode ser medida. Algum ajuste para perdas por percolação profunda pode ser necessário, quando se aplicar a fórmula. Então, a principal obrigação do irrigante é aplicar a água de bacia em bacia a tempos determinados.

. É possível aplicações relativamente pequenas de água. O sucesso depende do projeto adequado — balanceando a vazão com o tamanho do campo e as características de infiltração do solo. Essa vantagem é desejável, principalmente para culturas de hortaliças, aplicação de fertilizantes, controle de geada e germinação.

. A automatização pode ser convenientemente aplicada a este método de irrigação pelas seguintes razões: a) o tempo de aplicação pode ser controlado diretamente com relógios; b) são necessárias, apenas, poucas estruturas de tomadas de água e c) não existe água a jusante para ser manuseada posteriormente.

. Tanto os cultivos em sulcos como em faixas se adaptam bem a este método de irrigação, uma vez que se consegue a mesma elevação de água em todas as partes do campo. Sendo todos os sulcos conectados em ambas as extremidades do campo, por um sulco secundário, as diferenças na velocidade de avanço entre as fileiras não têm muita importância. Além disso, culturas que crescem em sulcos podem germinar uniformemente, mantendo-se uma

lâmina de água uniforme por todo o campo, diminuindo, portanto, a inundação e o encrostamento do solo.

. Podem ser utilizadas na irrigação por bacia em nível vazões elevadas, reduzindo, dessa maneira, o tempo de aplicação. As mudanças da irrigação em um horário predeterminado eliminam a necessidade da atenção contínua do irrigante. Independentemente do tamanho do fluxo, tomadas de água simples ou múltiplas, que requerem pouco tempo para abrir ou fechar, podem ser usadas para introduzir a água no campo. Esses fatores resultam em necessidades mínimas de trabalho.

. Se forem usadas tomadas de água simples nos cantos dos campos, próximos à fonte de água, não é necessário um canal de alimentação ao longo da borda das duas últimas bacias. Menor número de canais significa uma redução da área morta e dos custos de manutenção.

. Campos de bacia em nível, tão grandes como 20 hectares, podem ser irrigados eficientemente, quando se dispõe de um grande fluxo de água e a velocidade de infiltração do solo é baixa. Campos grandes assim são destituídos de áreas mortas e podem ser facilmente cultivados com maquinarias grandes.

. Toda a água será confinada dentro da área retida para o desenvolvimento das plantas e lavagem do solo. De maneira contrária ao terreno irrigado com declividade, não haverá erosão porque a área é plana.

. Produções maiores resultarão com os sistemas de irrigação por bacias em nível, porque a quantidade exata de água, necessária para o desenvolvimento das plantas, pode ser igualmente distribuída para todas as partes do campo. A distribuição uniforme resulta em uma melhor germinação, melhoria do ambiente das plantas, desenvolvimento uniforme e finalmente em melhor produção.

2. LIMITAÇÕES

Apesar de a irrigação por bacias em nível ter muitas vantagens sobre outros métodos de irrigação, os seguintes fatores limitantes devem ser considerados:

. A sistematização precisa pode ser difícil mas é necessária para uma distribuição uniforme da água, uma vez que após a aplicação total da água deixa-se que esta penetre no solo. Se existirem áreas baixas ou elevadas, a penetração não será uniforme e a aplicação será desigual, reduzindo, assim, a vantagem da irrigação por bacias em nível. Com os equipamentos de sistematização controlados por laser, recentemente disponíveis no comércio, muitas limitações referentes à necessidade de uma sistematização precisa têm sido eliminadas.

. Como em todos os métodos de irrigação, deve ser aplicada uma quantidade correta de água. Esta exigência é, talvez, mais importante para o método de bacia em nível, porque as aplicações em excesso podem levar a um tempo de inundação excessivo e resultar em prejuízos para a cultura. Problemas de salinidade podem ocorrer com a aplicação errada da água.

. Na sistematização para a irrigação por bacias em nível, será, geralmente, necessário um movimento de solo maior que para outros sistemas de irrigação de superfície. A quantidade de solo movimentado está limitada pela profundidade do horizonte superficial. Mas, onde houver horizontes superficiais bem desenvolvidos o movimento do solo será controlado, certamente, pelos custos de sistematização. A variação de solos dentro de uma bacia pode gerar problemas de distribuição de água e deve haver empenho para eliminar essas variações.

. Os custos para preparar o terreno para a irrigação por bacias em nível dependem do tamanho das bacias e da topografia do terreno. Do ponto de vista de um projeto de irrigação, o tamanho da bacia depende da vazão do fluxo e das características de infiltração do solo. Vazões elevadas podem permitir bacias grandes com menos estruturas de tomada de água e de equipamentos correlatos. Todavia, estas bacias grandes podem significar um movimento excessivo de terra se a topografia não for relativamente plana. Portanto, a topografia, mais do que a vazão do fluxo, pode ser o fator limitante.

. Uma vazão elevada é o ideal para se conseguirem melhores resultados com a irrigação por bacias em nível, mas, serão, provavelmente, necessárias estruturas elaboradas para evitar a erosão. Uma maneira de reduzir a erosão é aumentar o número de tomadas de água. Isto elimina algumas vantagens da irrigação por bacias em nível.

. Campos com bacias em nível em banquetas são susceptíveis à ruptura do dique se receberem água em demasia. Além do mais, a inundação por um período longo pode causar prejuízo à cultura. Portanto, quando se usarem bacias em nível, deve-se providenciar um meio de drenagem de emergência para proteger contra possíveis erros do irrigante (irrigação excessiva), especialmente em áreas onde possa ocorrer excesso de chuva em pouco tempo.

. São, geralmente, necessários sulcos secundários nas margens de uma bacia para distribuir a água par as fileiras. Diques temporários podem também ser necessários para evitar que a água passe por cima das fileiras situadas diretamente em frente da tomada de água.

3. PREPARO DO TERRENO

Uma vez que nos sistemas de irrigação por bacia em nível não existe escoamento superficial, a única fonte de variação ocorre na distribuição de água dentro do campo. Como em outros métodos de irrigação de superfície, variações da velocidade de infiltração do solo e elevações do terreno resultam numa distribuição não uniforme.

Devido à infiltração, o horizonte superficial dentro de uma bacia deve ser o mais semelhante possível para assegurar a distribuição uniforme da água. Se o solo não for uniforme por toda a área, podem ser tomadas as seguintes medidas para corrigir esta situação:

- a) para solos com uma variação de manchas espaçadas selecione o tamanho e a forma da bacia para que fiquem solos semelhantes dentro de uma bacia;
- b) para solos cheios de manchas, corte pela parte de baixo o mosqueado diferente que ocorrer dentro de uma bacia e preencha com solo semelhante ao restante da área;
- c) para variações do solo dentro da zona radicular (minerais diferentes da maioria do perfil) faça uma subsolagem para misturar o solo.

Para que a irrigação por bacias em nível tenha sucesso, o nivelamento do terreno deve ser preciso. O princípio da irrigação por bacias em nível é permitir que todas as partes do campo recebam água por um período de tempo igual. Não se consegue, efetivamente, uma infiltração uniforme se existirem pontos baixos e pontos elevados. Além do mais, com uma distribui-

ção desigual os pontos baixos ficam sujeitos à inundação excessiva e os pontos altos podem-se tornar salinos e secar prematuramente.

Num experimento efetuou-se, primeiramente, o levantamento dos campos que iam ser nivelados, sendo os cortes e aterros calculados e as informações transferidas para os piquetes. O solo foi então removido de acordo com o levantamento, sendo utilizado para a sistematização do terreno equipamento de nivelamento controlado exclusivamente pelo operador. Mesmo com todo o cuidado tomado, a precisão obtida estava, geralmente, relacionada com a habilidade do operador. A figura 2 apresenta a topografia de um campo

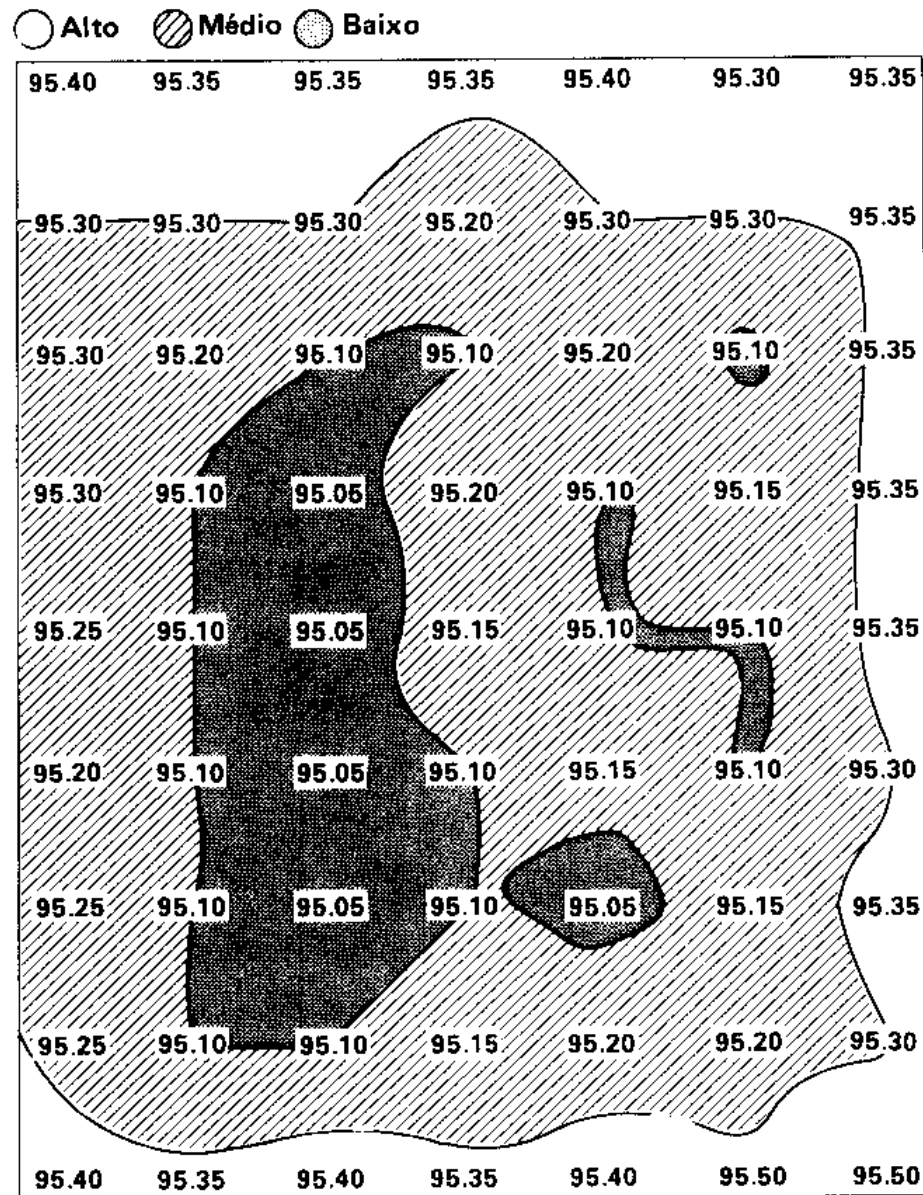


Fig. 2 — Topografia típica de um campo nivelado convencionalmente, antes do nivelamento com laser. A maior parte da área próxima às margens desta bacia de aproximadamente 4.5 hectares está mais alta que o restante da bacia, o que é uma ocorrência comum com o equipamento convencional. A produção e os "stands" do cultivo refletem a distribuição da água, isto é, áreas baixas irrigadas em excesso estão cheias de ervas daninhas e as áreas altas, secas e com baixa produção.

sistematizado convencionalmente, considerado bem nivelado. Note que algumas partes do campo irão receber cerca de 127 mm a mais de água que outras partes.

Desde 1975 as primeiras raspadeiras controladas por laser usadas para o acabamento final foram introduzidas no Vale Wellton-Mohawk no Sudoeste do Arizona (fig. 3). Esse equipamento possibilita o nivelamento com uma variação menor que 2,5 cm de alto a baixo, para áreas tão grandes como 16 hectares e pode também ser usado para nivelar a uma declividade determinada. Finalmente, o equipamento controlado por *laser* melhora significativamente a uniformidade da distribuição da água e elimina, em muito, a necessidade do levantamento e piqueteamento e o uso de outras práticas antiquadas de nivelamento. Uma sistematização precisa, pela eliminação de pontos elevados, pode reduzir a quantidade bruta de água aplicada em pelo menos 20%.



Fig. 3 – A raspadeira com cabo aéreo (dragscraper) ao fundo, controlada por laser, no tripé, em primeiro plano, nivela com precisão a terra para a irrigação por bacia em nível. O equipamento tem proporcionado o grau de precisão necessário para distribuir a água uniformemente pelas bacias em nível.

4. PRINCÍPIOS BÁSICOS E PROJETOS

Em um sistema de irrigação por bacias em nível a água primeiramente escorre pela bacia e depois permanece estática. A quantidade de água que pode infiltrar-se está relacionada tanto com o tempo de avanço da água através do campo como com o tempo em que a água permanece (estática) na bacia.

O sistema pode ser projetado de tal maneira que um erro de distribuição tolerável seja encontrado limitando o tamanho e a forma da bacia. Quatro fatores devem ser considerados no sistema projetado:

- a) as características de infiltração do solo;
- b) A vazão disponível;
- c) a resistência ao fluxo devido às culturas que vão-se desenvolver; e
- d) a quantidade de água a ser aplicada.

Diante dessas informações, o projetista pode determinar o comprimento e a largura da bacia para obter uma diferença tolerável na distribuição da água.

Ao se projetarem algumas bacias, a lâmina de água formada devido à resistência das culturas ao fluxo pode ser um fator limitante e será usado para estabelecer a configuração da bacia. Finalmente, o tamanho e a forma das bacias podem ser controlados por fatores tais como linhas de corte, cursos de água, topografia, linhas de tensão, profundidade do solo, posse do terreno, estradas, tipos de solo, culturas e edificações. No entanto, o tamanho e a forma devem ficar dentro das limitações do projeto.

Comumente o projeto de muitas bacias em nível está baseado no desempenho de sistemas construídos previamente, que usaram tipos semelhantes ou iguais de solos, culturas e de necessidade de água. Um guia útil para o projeto de sistemas de bacias em nível em novas áreas foi publicado em 1974 pelo Serviço de Conservação de Solo intitulado "National Engineering Handbook: Irrigation". A seção 15, capítulo 4, sobre irrigação por faixas, é de especial interesse. Cópias desta publicação estão à venda em "Superintendent of Documents, U. S. Government Printing Office", Washington, D.C. 20401.

5. DIMENSIONAMENTO

As vantagens de dimensionar a operação de um sistema de bacia em nível são: a) proporcionar ao projetista ou ao irrigante meios de verificar rigorosamente o sistema e as modificações, se alguma for desejável; e b) servir como padrão para a aplicação da água de irrigação, tanto com um sistema baseado nos cálculos do projeto como no desempenho de sistemas construídos previamente.

As informações específicas, necessárias para dimensionar a operação de um sistema por bacia em nível, são apresentadas a seguir, ilustradas por dados reais de campo.

Experimento de Campo 1:

. Vazão — medida com calha ou outro instrumento apropriado, dentro da precisão desejada. A vazão foi de 25 metros cúbicos por minuto no campo estudado.

. Tempo de aplicação da água — calculado usando a fórmula:

$$T = \frac{AD}{Q}$$

(Veja pág. 750). Este será o tempo necessário para aplicar uma lâmina média D (no exemplo, 100 mm) de água na área da bacia, A (3,6 hectares) na vazão medida, Q de 25 metros cúbicos, por minuto. No exemplo apresentado, o tempo de aplicação foi de 2 horas e 24 minutos.

. Velocidade de avanço — A velocidade na qual a água escorre pela superfície do solo. Para análises detalhadas deve ser feito o registro de tempo e da posição da frente de água, à medida que ela avança pela bacia. Tal registro é mostrado na figura 4. O estudo foi realizado em um campo aproximadamente quadrado, com alfafa, na altura dos joelhos, usando uma vazão de 25 metros cúbicos por minuto, saindo de um dos cantos. Estes dados foram, então, utilizados para delinear uma curva de avanço (fig. 5). A curva de avanço é a linha que plota o tempo após a introdução da água “versus” a distância do avanço da água ou a porção do campo coberto neste tempo determinado. A figura 5 representa os avanços resultantes da tomada de água e, portanto, uma parte do campo coberto foi usada na figura. Neste estudo a bacia inteira foi inundada em 2,1 horas.

. Tempo de recessão — É a diferença de tempo de quando a água foi introduzida para quando ela desaparece de uma certa porção da superfície do solo. Para fins práticos, o tempo de recessão para uma bacia em nível é o mesmo em todos os pontos dentro da bacia. No exemplo, o tempo de recessão foi de aproximadamente 18,5 horas.

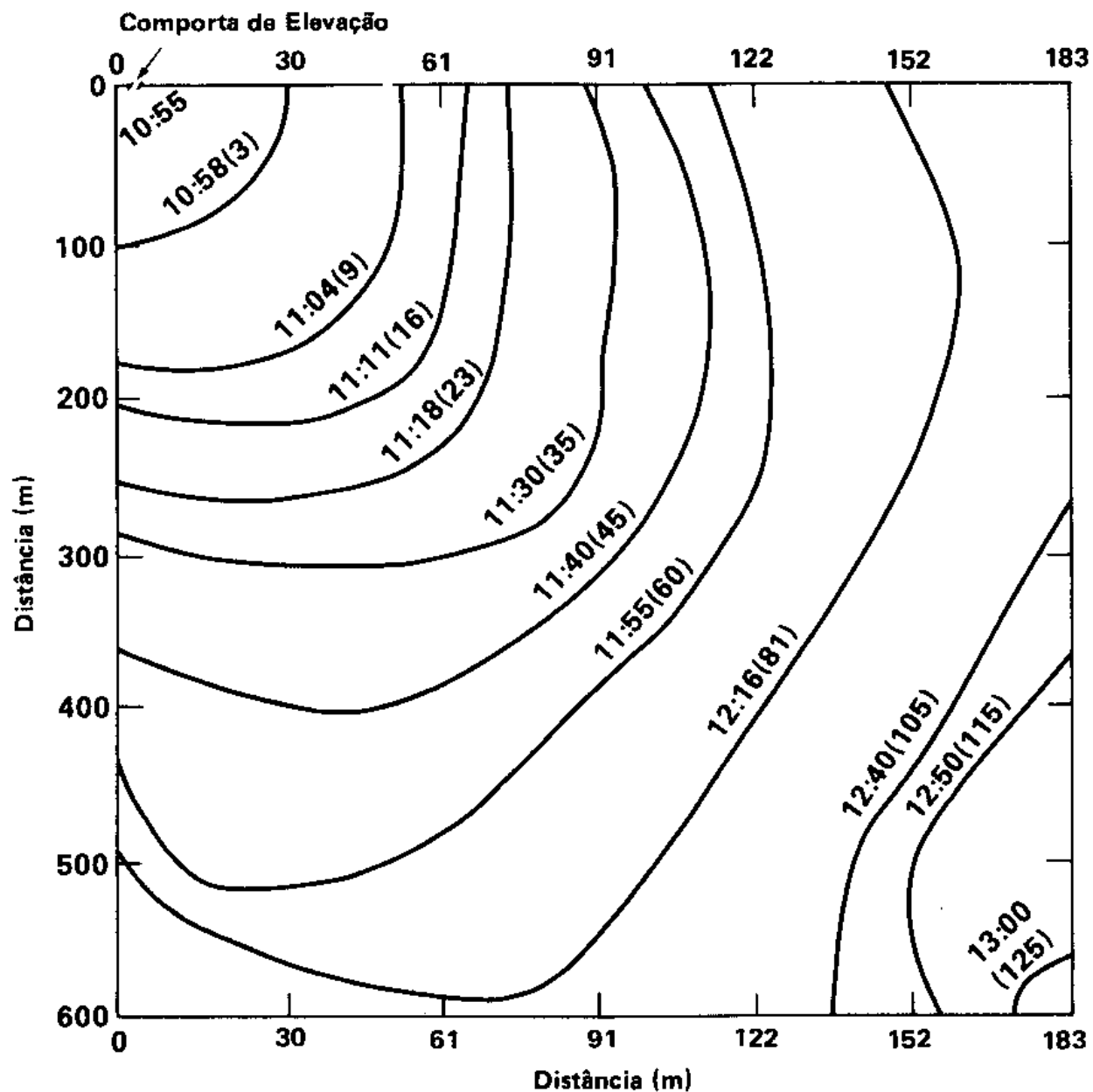


Fig. 4 — Contornos do avanço da água numa bacia em nível. Um fluxo com a vazão de $25 \text{ m}^3/\text{min}$ penetra na bacia pela canto esquerdo superior. As linhas representam a localização da água numa bacia de 3.3 hectares.

. Infiltração acumulada — É a lâmina de água infiltrada no solo, em relação ao tempo. Infiltrômetros cilíndricos são, geralmente, usados nas bacias em nível para se obterem os dados de infiltração necessários. A curva de infiltração acumulada média para o campo estudado (média de 3 cilindros) é mostrada na figura 6. Verifique a infiltração rápida da água (aproximadamente 43,18 mm) no solo, durante as primeiras 2 horas. Após isto, a infiltração foi praticamente constante e igual a 3,8 milímetros por hora, sendo considerada a velocidade final de infiltração.

. Condições de umidade do solo — Pode ser medida ou estimada na época da irrigação.

. Avaliação da eficiência de distribuição — A quantidade real de água que é infiltrada no solo depende do tempo de oportunidade de infiltração. O tempo de oportunidade é a diferença entre o tempo de recessão e o tempo de avanço da água para uma porção determinada do campo considerado. Os tempos de avanço da água para as várias percentagens do campo encoberto são dados no quadro 1, coluna 2 (veja também a figura 5). O tempo de oportunidade de infiltração (coluna 3) para as diversas partes do campo foram calculadas (isto é, o tempo de oportunidade de infiltração quando 40% do campo foi coberto foi de 18,5 horas menos 0,8 hora, ou seja, 17,7 horas). A quantidade de água infiltrada foi então lida diretamente na curva de infiltração acumulada da figura 6 e registrada para os vários tempos de oportunidade (coluna 4).

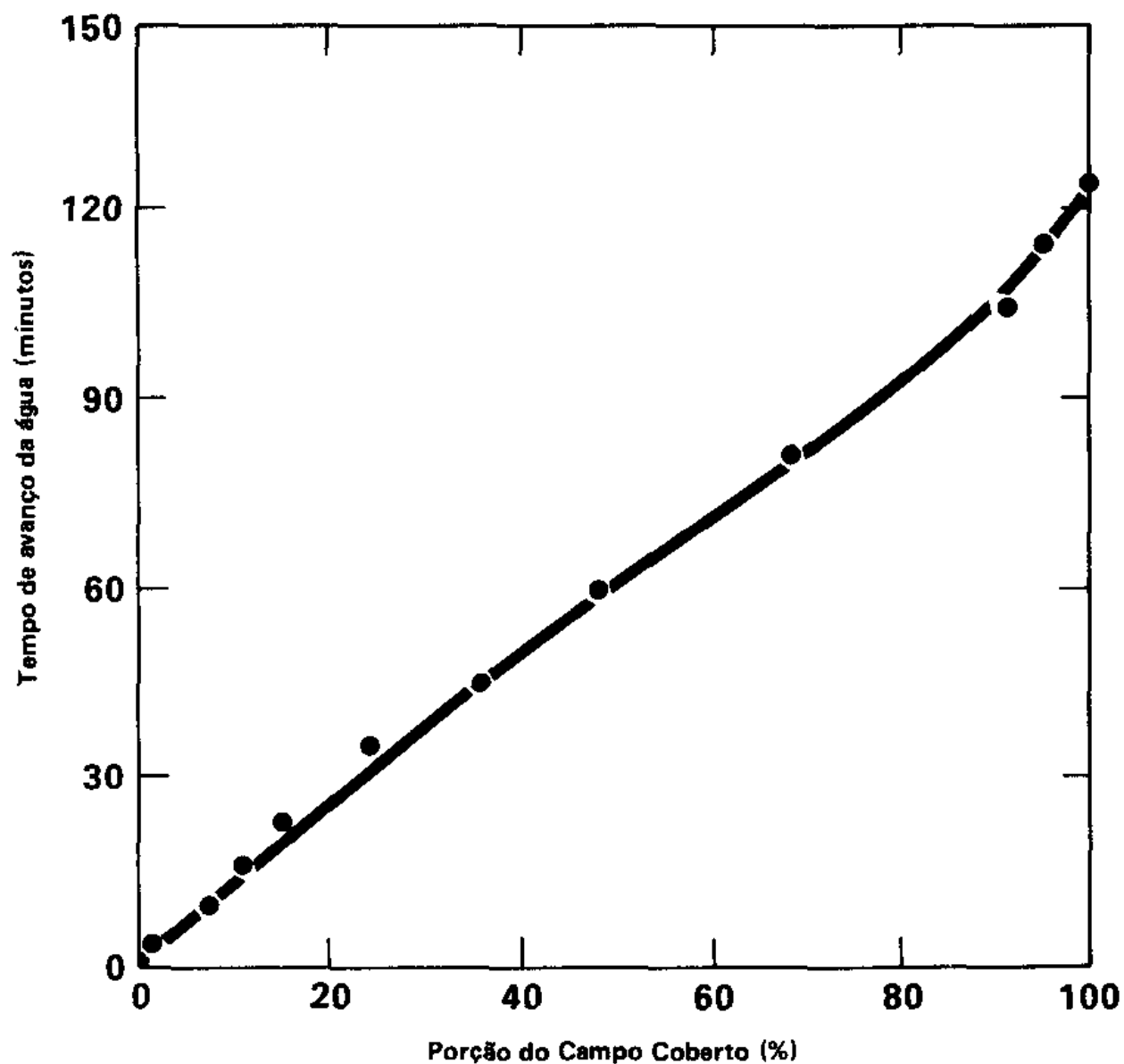


Fig. 5 — Tempo do avanço da água pelo campo. Esta é a representação gráfica dos dados ilustrados na figura 4.

A diferença entre a quantidade de água infiltrada de uma extremidade a outra do campo foi de 8,13 mm. A eficiência de distribuição foi calculada da seguinte maneira:

$$Ed = \frac{\text{lâmina mínima infiltrada}}{\text{lâmina média infiltrada}} \times 100$$

$$\text{ou } Ed = \frac{97,8}{101,6} \times 100 \quad \therefore Ed = 96,3\%$$

A eficiência de distribuição indica o grau de deficiência da irrigação no ponto que recebe água por último. Se o irrigante desejar aplicar pelo menos 100 mm de irrigação neste ponto mais afastado, então a aplicação bruta deve ser aumentada em cerca de 4% (100 menos 96,3%). A eficiência de distribuição pode ser maior para aplicações maiores e menor para lâminas de irrigações

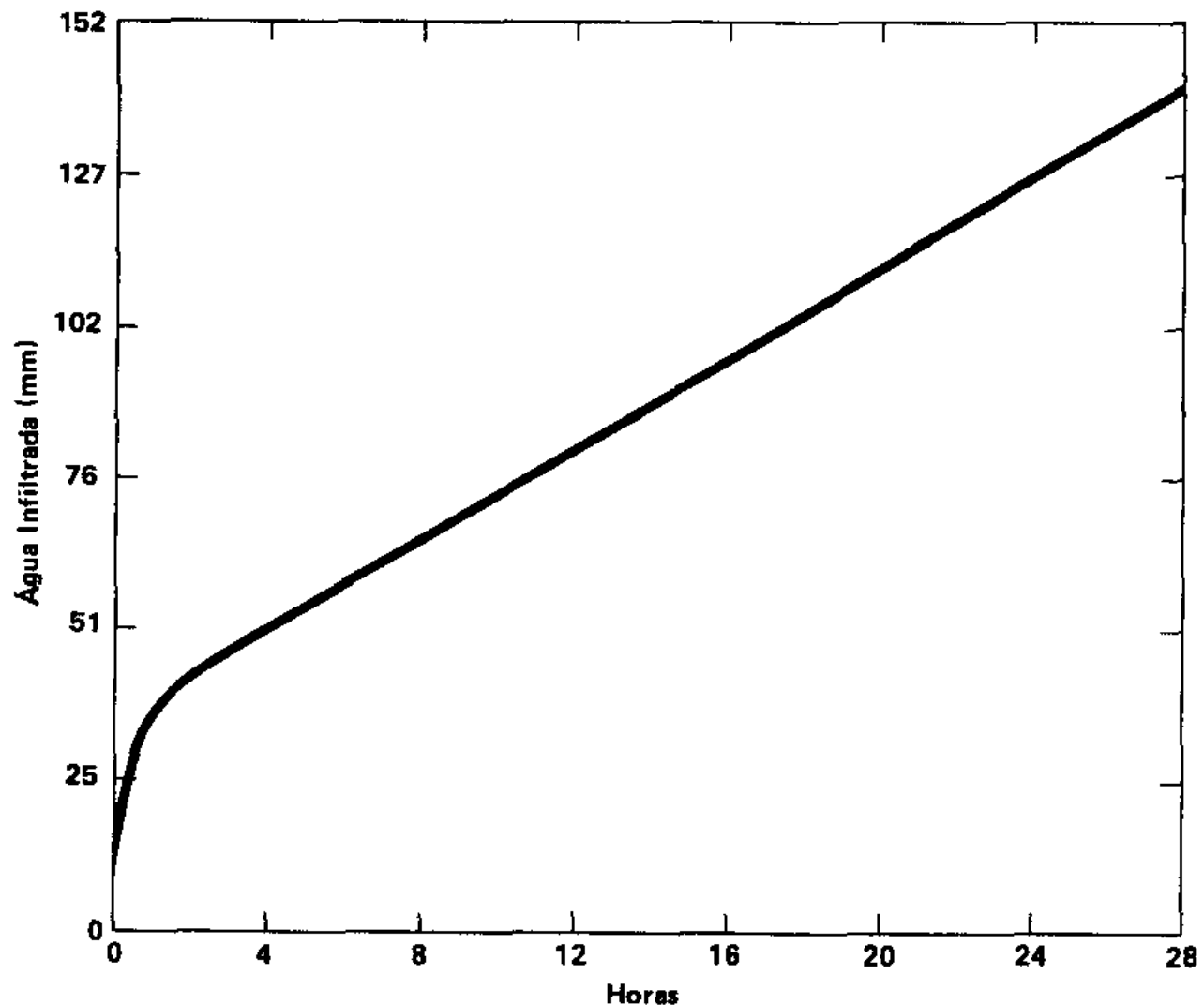


Fig. 6 — Curva acumulativa da quantidade de água infiltrada no solo, em relação ao tempo, como é determinado pelo uso de cilindros de infiltrômetros.

menores, na mesma bacia. Uma grande parte do campo está dentro de 1,27 mm da aplicação média de 100 mm. Obviamente este é um projeto bom e eficiente, e a vazão atende às características de infiltração do solo.

Experimento de Campo 2

Outro estudo foi feito em uma bacia contínua de 378 metros, tendo 100 metros de frente. A água com uma vazão de 25 metros cúbicos por minuto foi introduzida através de três condutos de concreto de 16 polegadas na extremidade mais próxima da bacia. O trigo plantado densamente estava com cerca de 38 cm de altura. Um pequeno sulco acompanhando cada dique lateral permitia que a água se movesse para a outra extremidade, mais rapidamente nos lados do que no meio da bacia. A água foi aplicada por 3 horas e 15 minutos, o que representa uma aplicação média de 132 mm de água na bacia. O tempo de recessão foi de aproximadamente 27 horas.

Desde que a função de infiltração acumulada foi semelhante à encontrada para o primeiro estudo, os dados da figura 6 foram usados como base para os valores apresentados na tabela 2. Os tempos de avanço da água para as diversas partes da bacia, mostrados no quadro 2, representam os tempos de oportunidade de infiltração e a água infiltrada para cada local, ao longo da bacia. Levou 4,3 horas para a água cobrir o campo, enquanto que para o campo quadrado estudado anteriormente levou 2,1 horas. A eficiência de distribuição foi:

$$E_d = \frac{121,9}{132,1} \times 100$$

$$E_d = 92,3\%$$

A extremidade mais distante do campo teve uma deficiência de irrigação de 10 mm e a variação entre as extremidades foi de 16 mm.

Estes cálculos são cálculos de tolerância que o agricultor ou projetista, ou ambos, podem utilizar para tomar decisões acerca do tamanho e da forma do campo. As possíveis vantagens de um campo maior são menor quantidade de canais de alimentação com suas estruturas de proteção, operações agrícolas mais convenientes e menos terreno improdutivo. Geralmente as bacias maiores, apresentando as condições aqui ilustradas, podem ser vantajosas quando as diferenças na infiltração forem assim pequenas.

QUADRO 1
TEMPO DE AVANÇO E DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NOS
VÁRIOS PONTOS DA BACIA
EXPERIMENTO DE CAMPO 1

Porção do Campo Coberto (%)	Tempo de Avanço da Água	Tempo de Opor- tunidade de Infiltração	Água Infiltrada
	Minutos	Horas	MM
0.	0	18.5	106
20.	24	18.1	104
40.	48	17.7	102
60.	72	17.3	101
80.	90	17.0	100
100.	126	16.4	98

QUADRO 2
TEMPO DE AVANÇO E DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NOS VÁRIOS
PONTOS DENTRO DA BACIA
EXPERIMENTO DE CAMPO 2

Distância da Tomada d'Água (M)	Tempo de Avanço da Água	Tempo de Opor- tunidade de Infiltração	Água Infiltrada
	Horas	Horas	MM
0.	0	27.0	138
61.5	26.5	136
122.9	26.1	135
183.	1.4	25.6	133
244.	2.1	24.9	130
305.	2.9	24.1	127
366.	4.1	22.9	123
378.	4.3	22.7	102

6. COMPORTAS E ESTRUTURAS DE TOMADA DE ÁGUA

Vários tipos de comportas são usados para introduzir a água nas bacias em nível tanto de canais abertos como de condutos subterrâneos. A facilidade de operações dessas comportas é importante. Quando a água é distribuída através de canais revestidos de concreto, pode ser introduzida nas bacias por tomadas de água simples ou múltiplas.

As tomadas d'água simples são, geralmente, equipadas com comportas de elevação (fig. 7) enquanto as tomadas d'água múltiplas são geralmente equipadas com comportas deslizantes (fig. 8). Se a água for distribuída para as bacias em condutos subterrâneos, são usados tampões na extremidade do tubo que sai do canal principal para a superfície do campo, para o regulador de tomada d'água, tanto para tomadas d'água simples como múltiplas (fig. 9).

A decisão de usar tomadas d'água simples ou múltiplas está, geralmente, relacionada aos custos relativos e à escolha pessoal. Algumas estruturas, no entanto, são mais adaptáveis na irrigação de cultivos em fileiras que outras, e algumas requerem medidas menos elaboradas de prevenção de erosão. No



Fig. 7 – Tipo de comporta de elevação comumente usada para introduzir a água nas bacias em nível. É necessário pouco tempo para abrir e fechar comportas como esta, quando se troca a aplicação d'água de uma bacia a outra.

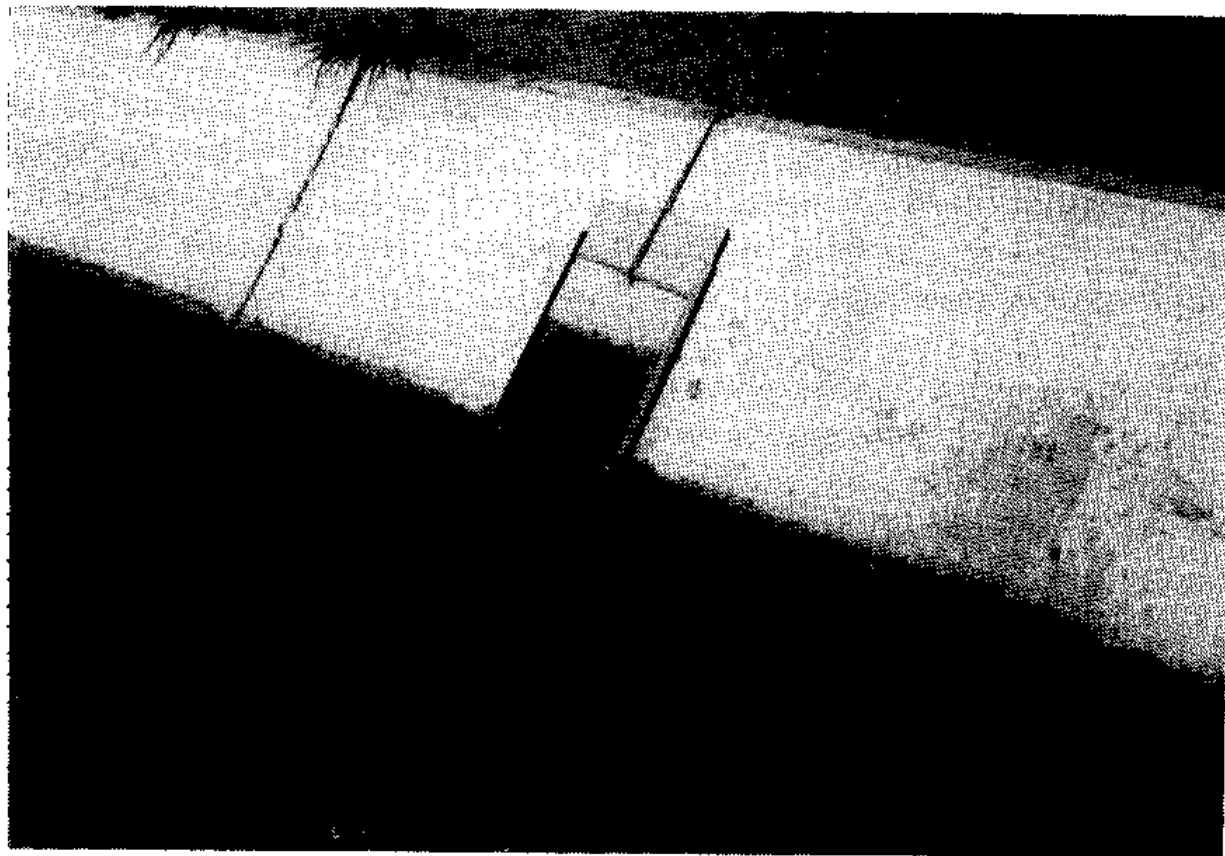


Fig. 8 — Comporta do tipo deslizante, montada dentro de canal revestido de concreto no final do tubo de concreto que conduz à bacia. É necessário mais de uma comporta por bacia, quando a vazão for superior a 7 ou 8 m³/min.

entanto, a distribuição da água nos sulcos ou nas faixas pode ser adequadamente executada com vários tipos de canais secundários, independente do número de tomadas d'água (veja a seção "Práticas Culturais", pág. 766).

As comportas de elevação necessitam apenas de uma manobra e um mínimo de trabalho para introduzir ou cortar todo o fluxo na bacia. Estas comportas podem também ser projetadas dentro de um sistema de tal maneira que quatro comportas possam estar localizadas a poucos metros uma das outras e irrigar quatro campos separados pelos cantos adjacentes. A distribuição pelos cantos da bacia pode eliminar o canal de alimentação da borda das últimas bacias no final do canal de distribuição, evitando custos consideráveis. As saídas simples nos cantos das bacias podem ser convenientemente automatizadas e, devido a sua localização no canto, as estruturas necessárias para o controle da erosão ficam protegidas de rupturas causadas pelas máquinas.

Podem ocorrer áreas com erosão localizada ou com depressões quando a água for introduzida na bacia. Para evitar esse tipo de erosão, deve-se insta-



Fig. 9 — Válvula de parafuso usada comumente para introduzir, na bacia em nível, a água de sistemas de tubulação subterrânea.

lar uma estrutura associada à comporta para diminuir a velocidade do fluxo ou para dissipar a energia da água, antes de ela alcançar a superfície do solo. Várias estruturas típicas para evitar a erosão são mostradas nas figuras 10 e

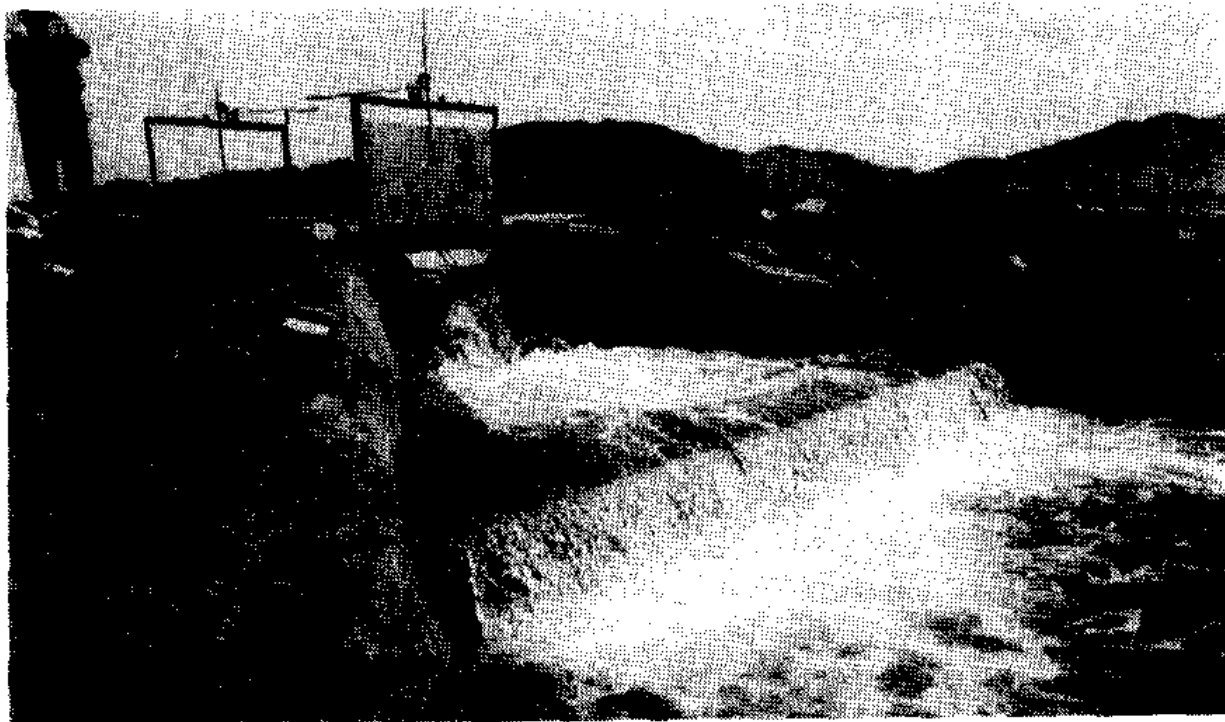


Fig. 10 — Estrutura de controle de erosão projetada para dissipar a energia resultante de fluxos de vazão elevada (25 a $35\text{ m}^3/\text{min}$), que passam por comportas de elevação. O efeito da estrutura está baseado na soleira em blocos de concreto horizontal, que amortece a água, proporcionando um fluxo uniforme além da soleira. A água, então, flui pelo "radier" de concreto, em primeiro plano, que se prolonga aproximadamente 1 m além da soleira e um pouco abaixo do final da elevação do terreno.

11. Uma tomada d'água simples necessita de apenas uma estrutura por bacia, mas essa estrutura será mais elaborada que as usadas para os fluxos menores das tomadas d'água múltiplas.



Fig. 11 — Pequena estrutura de controle da erosão na extremidade da tomada de água de um conduto de concreto de 16 polegadas, através do qual a água flui do canal de alimentação para a bacia. A vazão máxima esperada através da tomada d'água pode ser de 5 a 7 m³/min.

7. PRÁTICAS CULTURAIS

Normalmente as culturas densamente plantadas como alfafa, pastagens e pequenas gramíneas são irrigadas por inundação pelo leito da bacia.

As culturas em fileiras como algodão, sorgo, cártamo e milho podem ser plantadas e irrigadas no leito das bacias em nível, necessitando, assim, de um mínimo de esforço para se conseguir a distribuição uniforme da água. Existem, certamente, várias culturas, inclusive hortaliças, que podem ser produzidas no leito da bacia. As práticas culturais e o manejo não foram ainda estudados.

Algumas práticas de culturas irrigadas, usualmente empregadas, podem não ser necessárias após o terreno ter sido preparado no sistema de bacias em nível. No entanto, para uma distribuição adequada da água dentro das bacias, com culturas em fileiras ou em faixas, geralmente é necessário práticas especiais que serão discutidas nos parágrafos seguintes.

A instalação de sifão em canais secundários para os sulcos individuais (como na irrigação com a superfície em declive) não é necessária para os sistemas de bacias em nível. Uma vez que todas as partes de uma bacia em nível estão numa mesma cota, a água cobrirá sempre todas as partes do campo. A água se moverá mais rapidamente em alguns sulcos que em outros, mas, ao alcançar o final, virará e retornará no sulco de avanço mais lento (fig. 12), no que resulta uma maior uniformidade na aplicação da água.



Fig. 12 — A água está sendo distribuída no campo por tomadas de água múltiplas, ao fundo. A água penetra nos sulcos em diferentes velocidades e quantidades. Em alguns sulcos a água avança rapidamente, alcança a extremidade final, retornando pelos sulcos de avanço mais lento.

Quando vazões elevadas são desviadas através de tomadas d'água simples da água arremessada, passará por cima e provocará erosão nos sulcos ou faixas próximas à tomada d'água. Para evitar esse transbordamento, a vazão deve, usualmente, ser dividida ou desviada. Onde forem usadas tomadas d'água

múltiplas, a erosão e o transbordamento são diminuídos, mas, provavelmente, não serão eliminados totalmente. Bacias de controle temporário entre as tomadas d'água, tanto no início como no final do campo, a intervalos idênticos, podem ser usadas para uma melhor distribuição da água (fig. 13).

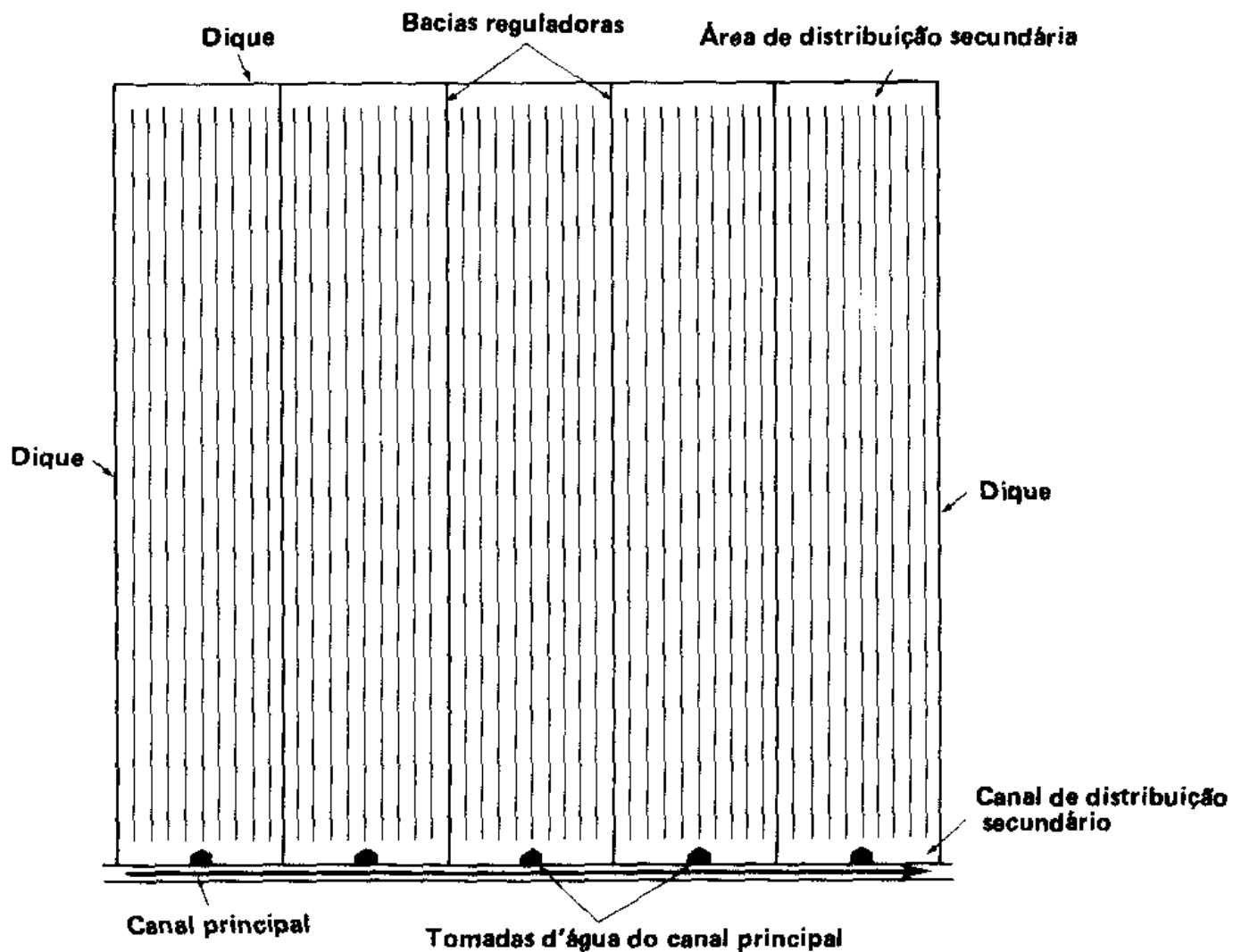


Fig. 13 – Planta do campo utilizando tomadas d'água múltiplas com bacias reguladoras temporárias. As bacias reguladoras facilitam a distribuição uniforme da água de várias tomadas d'água, diminuindo, desse modo, a erosão.

O fluxo pode ser dividido ou desviado por meio de um largo sulco de distribuição, construído perpendicularmente à direção da irrigação (fig. 14). Quando forem usadas vazões elevadas, a largura do sulco deve, geralmente, ser maior que 3 metros, de tal maneira que a água não cause erosão. A largura selecionada deve ser facilmente construída com o equipamento disponível.

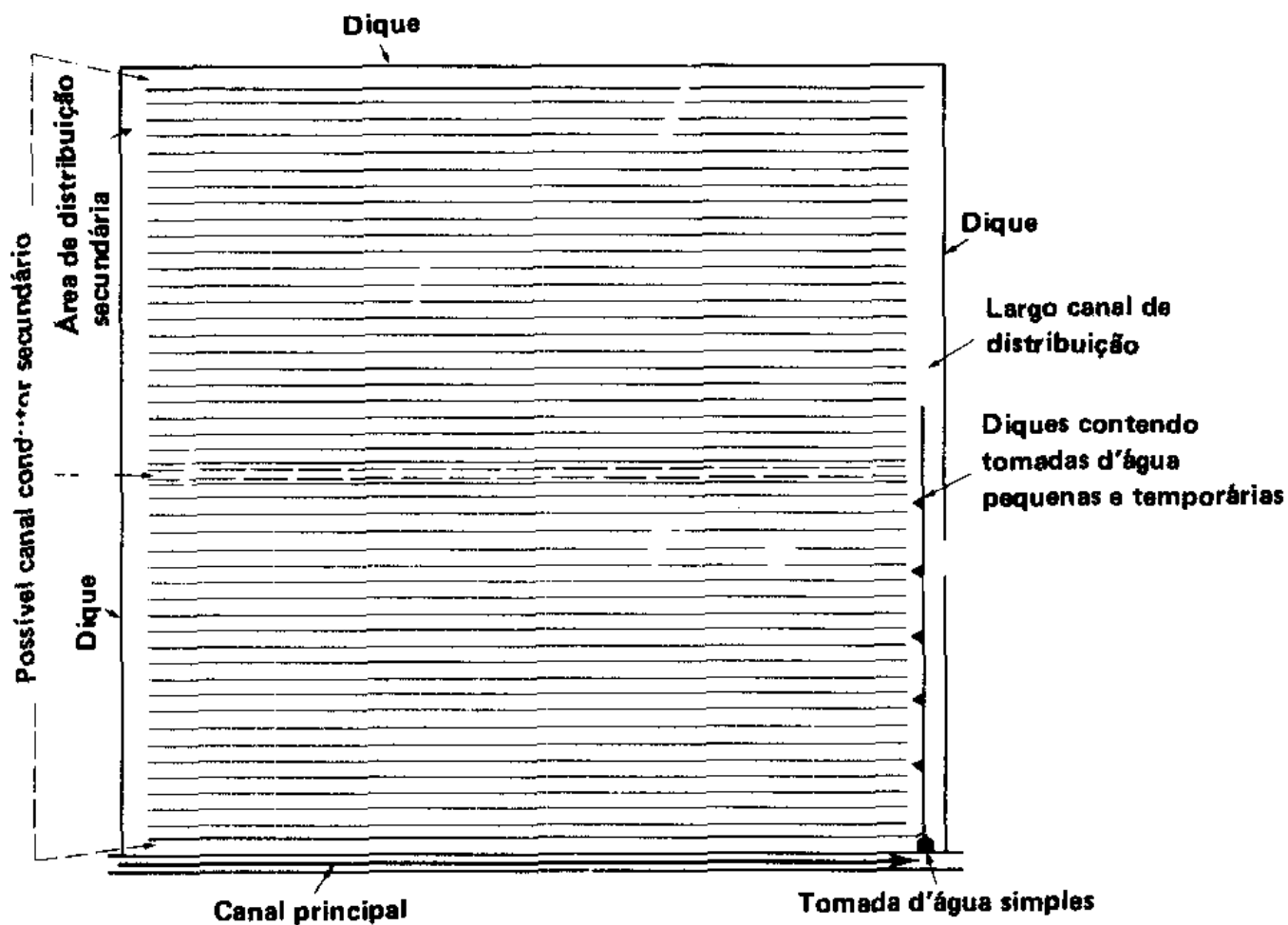


Fig. 14 — Planta do campo para irrigação por fileira ou em faixas para diminuir a erosão, quando for usada uma tomada d'água simples. As posições indicadas mostram a possível utilização de canais condutores secundários.

Os sulcos têm geralmente o fundo plano, mas, se possível, devem ter declividade, com a parte mais profunda para o lado externo do campo (fig. 15). A declividade para fora do campo ajuda a manter a elevação da água e o fluxo constantes dentro do campo, especialmente no início da irrigação. A declividade em direção ao campo deve ser evitada.

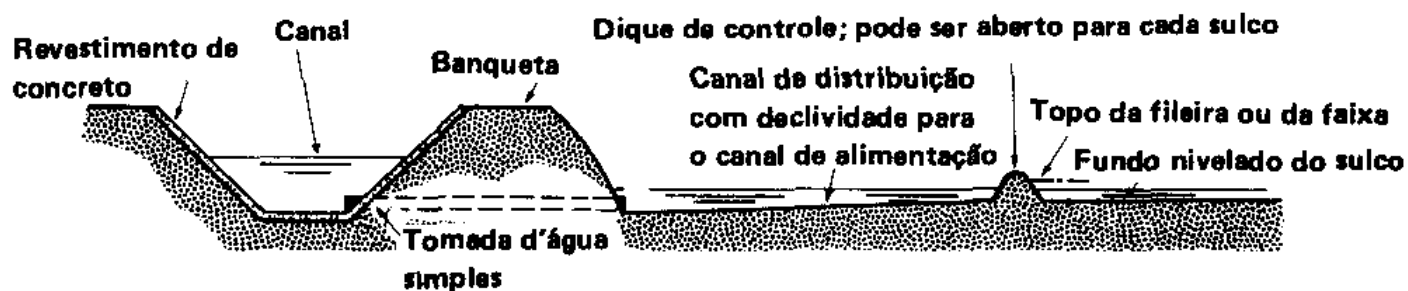


Fig. 15 — Seção transversal do canal e do campo mostrando o canal de distribuição, em geral com uma largura maior que 3 m, que ajuda a manter a elevação da água constante na tomada d'água das fileiras auxiliando, dessa maneira, a controlar a erosão. O canal de distribuição não deve ter a declividade na direção do campo.

Uma modificação adicional de uma tomada d'água de canto é dividir o fluxo próximo à tomada d'água e conduzir parte do fluxo por um pequeno sulco pelas margens do campo e na extremidade conduzir um outro sulco secundário de distribuição, enquanto o restante é distribuído através da tomada d'água (fig. 14).

Outra modificação de uma tomada d'água simples é construir um sulco abaixo do meio da bacia ou de algum local crítico de tal maneira que a água possa ser levada à extremidade do campo e, então, ser conduzida em outros sulcos secundários, a localização dependendo da direção da fileira ou das faixas (fig. 16 e 17). A divisão do fluxo d'água e seu avanço mais rápido até

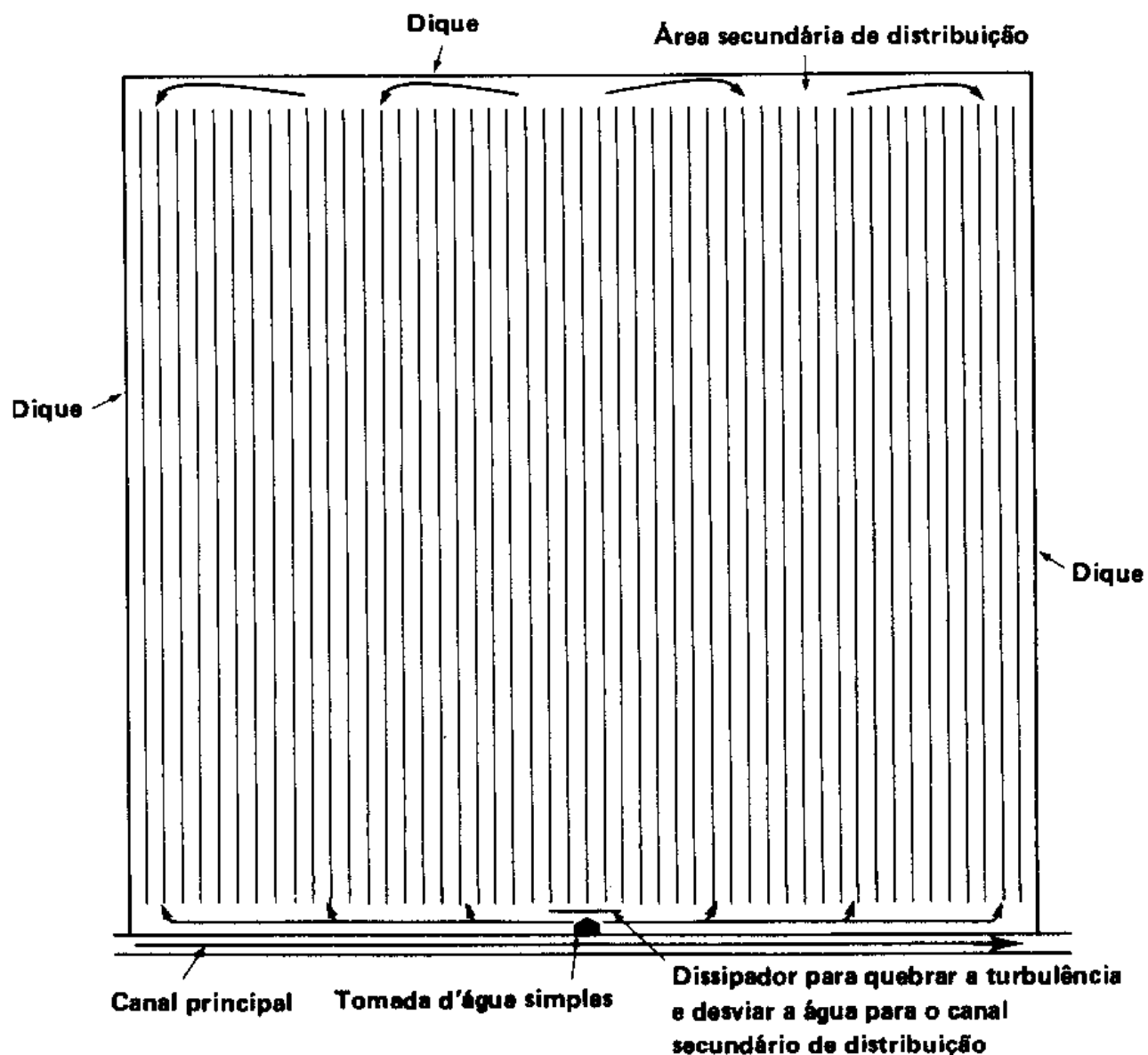


Fig. 16 — Planta de um campo com tomada d'água simples localizada no meio do campo com fileiras ou faixas perpendiculares ao canal principal. Um dissipador de energia deve ser construído em frente à tomada d'água para protegê-la da erosão e as fileiras situadas logo à frente da tomada d'água. O dissipador pode ser protegido com plástico.

o final da bacia é especialmente importante em solos com uma velocidade de infiltração mais elevada. Cada irrigante deve usar modificações que melhor preencham suas necessidades particulares. Se a irrigação em fileiras alternadas for desejada, os sulcos que não vão ser irrigados podem ser bloqueados em ambas as extremidades do campo.

A água dentro da área de uma bacia em nível é controlada pelas bordas da bacia que normalmente consistem de um sulco de alimentação, por um lado, e por estradas ou diques, nos outros três lados. Como em todos os métodos de irrigação, todas as bordas devem ter manutenção por causa de fissuras no solo e danos causados por roedores. Devido às fissuras do solo em vários tipos de solo argilosos, pode ser necessário, antes de cada irrigação, fazer uma gradagem e refazer os diques.

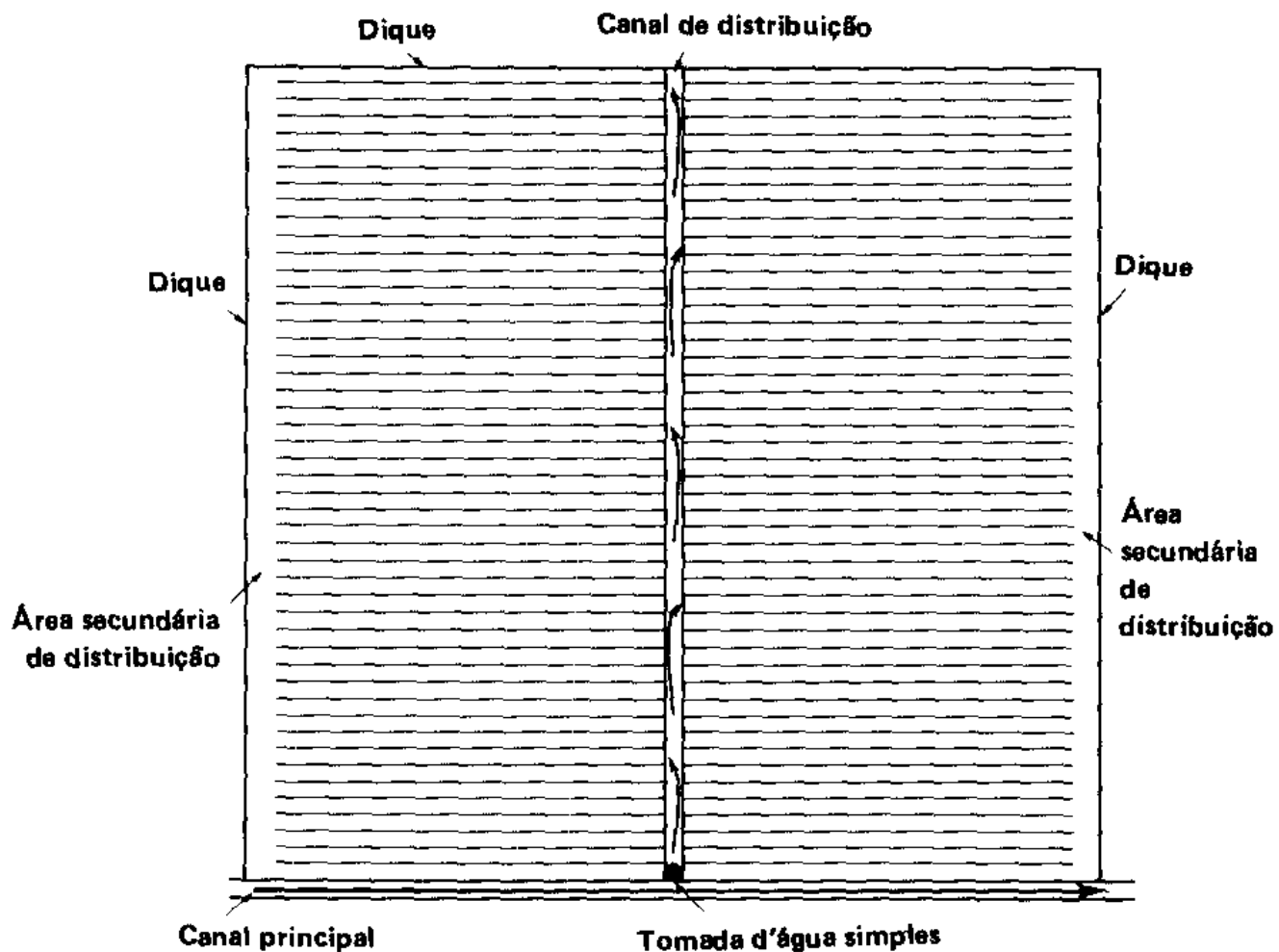


Fig. 17 — Planta de um campo com tomada d'água simples situada no meio do campo, quando as fileiras são paralelas ao canal principal.

8. MANEJO

Como em todos os métodos, um sistema de irrigação corretamente projetado e adaptado não é remédio para um manejo adequado. O sucesso depende de um manejo eficiente. Questões como quando e quanta água aplicar devem ser respondidas para todos os métodos. O modo de aplicar a água em uma bacia em nível determina a facilidade de controle e de distribuição de quantidade necessária. A água que entra na bacia ficará em nível e cobrirá todas as partes da bacia. Os fatores que devem ser considerados são a área da bacia, a vazão, a lâmina de aplicação desejada e uma diferença de distribuição tolerável.

A área da bacia (área real cultivada) pode ser determinada por medição direta. A vazão disponível para uma bacia pode e deve ser medida exatamente. A quantidade de água para aplicar pode ser determinada pelas necessidades da cultura ou por projeções da evapotranspiração, características de retenção de água e níveis de umidade disponível do solo. A diferença na distribuição de água de uma extremidade a outra do campo pode ser estimada pela informação do projeto disponível ou pelo sistema de avaliação real (comprimento do sulco e medição da infiltração). Desde que sejam conseguidos esses requisitos de manejo para a irrigação por bacias em nível, o único problema é irrigar cada bacia por um período de tempo calculado.

Na irrigação por bacia em nível a água aplicada permanecerá até que penetre no solo ou se evapore. Em algumas áreas e com algumas plantas o operador deve ter o cuidado de não deixar a água permanecer por demasiado tempo. Em quanto tempo uma planta pode ser inundada varia, principalmente com a temperatura, tipo de planta e estágio de crescimento. Então a aplicação de uma quantidade correta de água é de máxima importância. A alfafa, o milho, cártamo e muitos vegetais são sensíveis a uma inundação excessiva.

Não é conveniente a inundação de sementes durante a germinação. O irrigante de uma bacia em nível deve aplicar apenas a água necessária para aproximar-se da linha de sementes e manter esta elevação até que a água e os sais sejam removidos da área. Para isto a vazão do curso de água deve ser reduzida até ficar igual à velocidade de infiltração, mantendo-se, então, um nível de água constante.

Abstract: The level-basin method is assuming increasing importance to U. S. agriculture. In the last ten years, this surface method of irrigation to level soil surfaces has been used as a soil conservation tool and has also helped saving water and energy. Its use is rapidly expanding in Arizona, California and elsewhere in the United States on account of its low operation costs and high water application efficiency. Level basin (or dead level) irrigation involves applying the water depth necessary to crops, over a short period of time, allowing a fast water advance over the soil, minimizing the deep percolation losses. *The basin dimension depends* on the water intake characteristics of the soil, available flow rate, the kinds of crops and the quantity of water to be applied. The designer should have a good knowledge on the water dynamics within the soils and systematization calculus in order to determine the acceptable basin dimensions. This irrigation method can be adapted to all crops and soils; however, it is best fit to low to medium water-intake rate soils. Level basins have been used for centuries in Italy and Russia and the United States since 1975.

