

Santo Antônio de  
Goiás, GO  
Dezembro, 2006

## Autores

**José Aloisio Alves Moreira**  
Engenheiro Agrônomo,  
Doutor em Irrigação e  
Drenagem,  
Embrapa Arroz e Feijão  
Rod. GO 462, Km 12  
75375-000 Santo Antônio de  
Goiás, GO  
jaloisio@cnpaf.embrapa.br

**Luis Fernando Stone**  
Engenheiro Agrônomo,  
Doutor em Solos e Nutrição  
de Plantas,  
Embrapa Arroz e Feijão  
stone@cnpaf.embrapa.br

**Maria da Glória Trindade**  
Engenheira Agrônoma,  
Doutora em genética e  
Melhoramento,  
Embrapa Trigo/Embrapa Arroz  
e Feijão  
mgloria@cnpaf.embrapa.br

**Abelardo Dias Cánovas**  
Engenheiro Agrônomo,  
Mestre em Fitotecnia,  
canovas@cultura.com.br

## A cultura do trigo irrigado no Sistema Plantio Direto

### Introdução

O trigo é uma das culturas de maior adaptação em todo o mundo, sendo cultivado sob condições extremas de temperatura variando desde  $-35^{\circ}\text{C}$  na fase vegetativa em Ontario, até  $40^{\circ}\text{C}$  durante o enchimento de grãos, no Sudão. Esta ampla capacidade de adaptação permite o cultivo dessa gramínea em diferentes regiões do mundo, assumindo portanto uma importância destacada na alimentação humana. De uma forma geral, a aptidão dos trigos para os diferentes usos é determinada por várias características do grão e da farinha, que são dependentes tanto das condições ambientais quanto do genótipo. As qualidades nutricionais do trigo colocam esse cereal em posição destacada na dieta alimentar do Brasil e do mundo, juntamente com outros cereais, como o arroz e o milho.

As cultivares modernas de cereais revolucionaram a produção de alimentos em muitos países onde grande parte da área é cultivada com variedades melhoradas utilizando alta tecnologia, o que exclui grandes áreas onde limitações do ambiente não são controladas. Como consequência, muitas das tecnologias necessárias para intensificação da agricultura em ambientes marginais, definidos em termos de estresses agroclimáticos, ainda não estão disponíveis atualmente. Para a cultura do trigo e muitas outras, os ambientes marginais mais importantes apresentam a restrição da disponibilidade de água como principal fator limitante à produção. No Brasil, a produção de trigo concentra-se principalmente nos estados da Região Sul expandindo-se para outros estados ao longo da década de 80. Embora tenha ocorrido expansão da área cultivada com essa cultura em regiões não tradicionais, como o cerrado brasileiro, o Brasil continua sendo o maior importador de trigo do mundo, depois do Egito, comprando anualmente em torno de 6 milhões de toneladas, segundo estimativa média da Conab para os três últimos anos, para suprir as suas necessidades de consumir cerca de 10 milhões de toneladas. Desse total, cerca de 90% vem da Argentina.

Embora o trigo seja uma cultura mais tolerante ao déficit hídrico do que muitas outras, frequentemente é cultivado em regiões, como o cerrado brasileiro, nas quais a seca é uma ocorrência comum. É uma cultura que responde bem ao incremento tecnológico na quantidade de água aplicada durante o ciclo. As produtividades médias das culturas irrigadas chegam a ser três vezes maiores que as das culturas de sequeiro. Embora seja uma cultura relativamente tolerante ao déficit hídrico, alguns estágios de desenvolvimento são bastante afetados pelo estresse hídrico. Desses estágios, o de enchimento de grãos, tem sido relatado como o de maior sensibilidade a esse estresse.

Dentre as regiões não-tradicionais, o cerrado brasileiro destaca-se por sua potencialidade de produção da cultura, que adapta-se perfeitamente aos sistemas produtivos regionais, em sucessão com a soja no cultivo de safrinha e com o feijão ou outras culturas no cultivo irrigado de outono/inverno. A área plantada com trigo no cerrado vem crescendo nos últimos anos, graças à disponibilização de cultivares adaptadas a ambos os sistemas de cultivo e ao incremento tecnológico no manejo da cultura, proporcionando produtividades recordes e qualidade comparável aos melhores padrões internacionais de trigo. O cultivo de trigo irrigado no cerrado detém as maiores médias nacionais de produtividade. Além do atendimento à demanda regional das indústrias moageiras com uma capacidade instalada de cerca de dois milhões de toneladas/ano, o trigo é uma boa opção de diversificação dos sistemas agrícolas que utilizam o sistema de plantio direto (SPD), em função de produzir uma palha de ótima qualidade, não acidificadora do solo, e em quantidade necessária para proporcionar boa cobertura do solo, muito eficiente na supressão de plantas daninhas na cultura subsequente, com alta relação carbono/nitrogênio e boa persistência no sistema, efeitos esses que potencializam o rendimento de outras culturas utilizadas em sistema de sucessão. Por ser um produto importante na mesa do brasileiro, a busca de soluções tecnológicas para viabilização desta cultura estratégica para o país deve estar na lista

prioritária de ações de pesquisa. O aumento na produção interna deste cereal, pela expansão do cultivo para regiões não tradicionais, colocará o Brasil em situação de maior segurança alimentar nacional e ainda poderá auxiliar na moderação de preços do produto importado no mercado internacional.

Para os sistemas irrigados, no SPD, visando à expansão da cultura, há necessidade prioritária de estabelecer metodologias de manejo da irrigação que resultem em maior produtividade combinada com uma maior eficiência no aproveitamento da água. Projetos de irrigação em larga escala vêm causando impactos negativos do ponto de vista ambiental e social em várias partes do mundo, como por exemplo, a disseminação de patógenos e vetores de doenças associados com a disponibilidade de água. A avaliação prévia do potencial impactante dos sistemas de irrigação utilizados na agricultura nos cerrados é uma necessidade urgente para o controle preventivo da transmissão intensiva de doenças nos sistemas agrícolas. Felizmente, tecnologias simples e estratégias racionais para manejo da irrigação nesse bioma estão atualmente disponíveis, as quais podem reduzir a ocorrência de doenças associadas com projetos de irrigação em ecossistemas tropicais. Para tanto, componentes de seguridade patológica devem ser adicionados aos projetos de irrigação de maneira preventiva.

A expansão e intensificação das áreas agricultáveis estão entre os desafios globais predominantes neste século. A intensificação da agricultura pela utilização de cultivares altamente produtivas, fertilização, irrigação e pesticidas contribuíram substancialmente para o enorme incremento na produção de alimentos nos últimos 50 anos. Entretanto, a utilização e conservação dos solos também altera as interações bióticas e os padrões de disponibilidade dos recursos ambientais nos ecossistemas e pode ter sérias conseqüências ambientais nos níveis local, regional e global. O uso de estratégias de manejo cientificamente embasadas do ponto de vista ecológico pode proporcionar a sustentabilidade da produção agrícola reduzindo essas conseqüências.

## Cultura

### Época de semeadura

A cultura do trigo irrigado no Cerrado adapta-se a ambientes com altitudes acima de 400 m, em Minas Gerais; acima de 500 m em Goiás e no Distrito Federal e acima de 600 m no Mato Grosso e Bahia. Recomenda-se a semeadura a partir de 10 de abril a 31 de maio. Para o cultivo de trigo irrigado em áreas de várzeas, deve-se obedecer às condições de época e altitudes acima descritas, além da seleção de várzeas com boa drenagem, mediante a aplicação de boro junto à adubação de base, por ocasião da semeadura, e exclusão das várzeas com solos orgânicos ou turfosos.

## Práticas Culturais

### Densidade, espaçamento e profundidade de semeadura

Para o trigo irrigado, a densidade indicada é de 270 a 350 sementes aptas por m<sup>2</sup>. Na indicação adequada da quantidade de sementes por hectare, são considerados critérios intrínsecos à semente como: massa de mil grãos, vigor e/ou poder germinativo; e extrínsecos, como: sistema de cultivo, número de sementes aptas por metro quadrado (estande de planta/m<sup>2</sup>) a ser atingido, espaçamento, fertilidade do solo, necessidade hídrica e elementos climáticos predominantes no local ou região de cultivo. Os grãos das diversas cultivares de trigo diferenciam-se na forma, na cor e, principalmente, no tamanho e massa. A mesma cultivar, dependendo dos elementos climáticos predominantes e das práticas de manejo da lavoura que originou as sementes, pode apresentar diferença na massa de mil grãos. Portanto, para uma efetiva recomendação da quantidade econômica de semente, necessária para obtenção da máxima produção em trigo, em termos deste insumo, é muito importante que esses parâmetros sejam considerados. Pode-se adotar as seguintes fórmulas para o cálculo da quantidade necessária de sementes:

$L = S \times 100 \times E / V$ , onde L = Número de sementes por metro linear, E = Espaçamento e V = vigor germinativo da semente.

Para cálculo da quantidade de sementes por hectare, pode-se adotar a fórmula abaixo:

$D = (1 / E \times L \times M) / 100$ , onde D = Quantidade de sementes por hectare, E = espaçamento entre linhas, L = Número de sementes por metro linear e M = Massa de mil grãos.

O espaçamento entre linhas indicado para trigo irrigado varia entre 16 a 18 cm. De maneira geral, o espaçamento indicado é de 17 cm. A profundidade de semeadura deve ser de 2 a 5 cm, utilizando-se menor profundidade em solos argilosos.

### Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas reduzem a produtividade devido ao aumento das perdas por ocasião da colheita. Estimativas de perdas em produtividade na cultura do trigo em função da incidência de plantas daninhas não são precisas. O grau de competição das plantas daninhas varia com as espécies infestantes, com as suas densidades populacionais, com a duração da competição e com as condições do ambiente. A redução mais acentuada na produtividade da cultura ocorre quando a competição acontece nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura. Além da redução na produtividade, as plantas daninhas podem ter outros efeitos negativos sobre a cultura, uma vez que os grãos contaminados com plantas daninhas e/ou suas sementes sofrem depreciação. Além disso, as plantas daninhas podem dificultar a colheita podendo, também, elevar o conteúdo de umidade dos grãos,

o que favorece a fermentação e a incidência de pragas durante o período de armazenamento. Na cultura de trigo, as plantas daninhas podem ser controladas via planejamento, utilizando-se práticas culturais adequadas e os herbicidas indicados. É importante a aplicação do herbicida adequado, na época e na dose indicada pelo fabricante, em sistema integrado de manejo de plantas daninhas, incluindo-se todas as práticas culturais indicadas, destacando-se a manutenção de restos culturais e a rotação de culturas. No caso de herbicidas de pós-emergência, a dose a ser utilizada dependerá da espécie e do estágio de desenvolvimento das plantas daninhas, empregando-se as doses maiores para as plantas mais desenvolvidas. Para os herbicidas de pré-emergência, devem ser observados a textura do solo e o teor de matéria orgânica, empregando-se as doses mais altas para os solos argilosos e/ou com alto teor de matéria orgânica. Os herbicidas hormonais 2,4-D (amina), 2,4-D (éster) e 2,4-D/MCPA devem ser aplicados durante a fase de perfilhamento da planta de trigo, antes do início da fase de alongação. Em lavouras circundadas por culturas de folhas largas, sugere-se a utilização de formulação 2,4-D amina, em vez de ésteres de 2,4-D, para diminuir possíveis efeitos fitotóxicos de sua deriva. O pendimethalin deve ser aplicado logo após o plantio, antes da germinação das sementes de trigo e das plantas daninhas. Deve-se proporcionar boa uniformidade de profundidade de semeadura para se ter boa cobertura das sementes, pois o contato direto da semente com a superfície tratada (2 cm) pode prejudicar a sua germinação. Não deve ser utilizado o pendimethalin em solos de várzea, devido ao efeito fitotóxico do produto quando ocorre o contato da semente com a superfície tratada.

## Manejo e Conservação de Solo

### Manejo e uso do solo

Em sistemas agrícolas convencionais, a intensiva exploração agrícola tem levado os solos de extensas áreas a um processo acelerado da degradação, com alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos, afetando, progressivamente, o potencial de produção das culturas. O uso contínuo de arações e gradagens superficiais tem provocado a desestruturação da camada arável, transformando-a em duas camadas distintas: a superficial pulverizada e subsuperficial compactada. Dentre os principais fatores condicionantes do processo de degradação e de erosão do solo, citam-se: a) compactação e a falta de cobertura vegetal do solo; b) concentração de chuvas de elevada intensidade no período de estabelecimento das culturas; c) uso de áreas inaptas a culturas anuais, como por exemplo, áreas com declividades acentuadas e; d) uso de terraços e de semeadura em contorno, somente como práticas isoladas de conservação de solo. O manejo adequado do solo, compatível com as características do clima, do solo e das culturas da região, é fundamental para controlar o processo erosivo e recuperar os solos afetados, reintegrando-os ao processo produtivo.

## Manejo de culturas

### Manejo de restos culturais

O impacto da gota de chuva sobre o solo descoberto desagrega as partículas superficiais, facilitando o arraste posterior pela água não infiltrada. Os restos culturais, como elemento de proteção do solo, são de grande importância no estágio inicial de desenvolvimento das culturas, quando a cobertura do solo ainda é deficiente e mesmo após a colheita. Mantidos na superfície evitarão o impacto direto da gota de chuva sobre as partículas de solo, além de diminuir a velocidade de escoamento superficial da água, o que aumenta a quantidade de água infiltrada e minimiza o arraste de partículas. Além de representarem importante fator na proteção do solo, os restos culturais atuam, igualmente, na reposição de nutrientes e de matéria orgânica, razão pela qual não devem ser eliminados, seja por queima ou por outro processo qualquer.

### Sucessão de culturas e adubação verde

A monocultura contínua tende a provocar, com o passar dos anos, sensível queda de produtividade, não só por alterar características do solo, como também por proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças e à ocorrência de pragas e de plantas daninhas. Pesquisas conduzidas na Embrapa Trigo, a partir de 1980, orientados para estudar sistemas de sucessão de culturas revelaram que o rendimento de grãos de trigo, após alguns anos, cultivado em monocultura, tornou-se, praticamente nulo. Observa-se experimentalmente que, assim que se inicia a monocultura em áreas livres de doenças do sistema radicular, os rendimentos de grãos começam a declinar com maior intensidade após o terceiro ou quarto ano de cultivo. Em sistemas irrigados de produção, em que a cultura de trigo estiver inserida, não se indica que a mesma seja antecedida pelo trigo de sequeiro e arroz, sendo indicada em sucessão à soja e em alternância com feijão, ervilha, cevada e hortaliças (batata, cenoura, cebola, alho, tomate, entre outras). Em áreas sob monocultivo de tomate, feijão e de outras leguminosas, a incidência de doenças como mofo branco, podridões radiculares por *Rhizoctonia* e *Fusarium* tem provocado queda significativa no rendimento dessas culturas e aumento nos custos de produção. O trigo, por não ser hospedeiro dessas doenças, constitui-se, no momento, na principal alternativa para a rotação de culturas, no período de inverno, com tomate, feijão e outras leguminosas na região do cerrado.

A adição de matéria orgânica ao solo, constitui prática agrícola adequada, tanto do ponto de vista químico como físico e biológico, por promover modificações positivas na estrutura do solo. Tal prática representa importante auxílio na recuperação de solos fisicamente degradados. Ao se escolher a cultura para adubação verde, é importante considerar sua adaptação à região, pois o sucesso da prática depende do grau de desenvolvimento vegetativo das espécies selecionadas. São indicadas para tal prática plantas da família das leguminosas, pela capacidade de fixar ao solo nitrogênio

do ar por simbiose, reduzindo, assim, a quantidade de adubo nitrogenado a ser aplicada.

## Calagem e Adubação

### Amostragem de solo

A análise do solo constitui-se numa técnica essencial para calcular a necessidade de calcário e de fertilizante, mas ela é válida somente se a amostra analisada representar, adequadamente, a área em que se pretende aplicar calcário ou fertilizante. A capacidade de uma amostra composta representar a média de certa gleba depende da variabilidade do teor dos elementos químicos a considerar e do número de subamostras coletadas nesta gleba. Se cada subamostra contribuir com volume igual para a amostra composta, então, o resultado analítico representará a fertilidade média dos pontos amostrados na área. Quanto maior a área da qual se pretende obter uma amostra composta, maior deverá ser o número de subamostras.

### Calagem

O cálculo da quantidade de calcário a ser aplicada varia em função do pH do solo e de outros fatores, como, por exemplo, do teor de argila. Assim, em solos com teor de argila acima de 20%, o cálculo é baseado nos teores de alumínio (Al), de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) trocáveis. Os solos arenosos têm uso agrícola limitado, por apresentarem baixa capacidade de troca de cátions, baixa capacidade de retenção de água e maior suscetibilidade à erosão. Mas, independente do "tipo" de solo e em função do método de correção, é possível que, a partir do quarto ano de cultivo, seja necessária nova aplicação de calcário. Isso poderá ser comprovado por meio da análise do solo. Outro método de recomendar calcário, que vem sendo utilizado na região do cerrado, baseia-se na saturação por bases do solo.

Em sistemas irrigados, considerando a intensidade de cultivos, pode-se aplicar calcário para saturação por bases de 60%. É necessário ter umidade suficiente no solo, no momento da aplicação do calcário, para se ter os efeitos desejáveis do corretivo. Na região dos cerrados, entretanto, existe uma estação seca que se prolonga de maio a setembro, quando o solo, de modo geral, contém pouca umidade. Assim, as épocas mais adequadas para a calagem seriam no final ou no início da estação chuvosa. O calcário apresenta efeito residual que persiste por vários anos. Assim, após a primeira calagem, sugere-se nova análise de solo depois de três anos de cultivo. Nos sistemas de cultivo irrigado e SPD, aplicar o corretivo quando a saturação por bases for menor que 40%, elevando-a para 60% no sistema irrigado. Na expansão da agricultura nos cerrados, houve a adoção de sistemas de mecanização utilizados em outras regiões do país no preparo de solo. Entende-se por preparo de solo o conjunto de operações realizadas antes da semeadura para

revolver o solo, expondo-o ao ar, ao sol e à ação das máquinas, além de incorporar restos de culturas, fertilizantes ou corretivos, e enterrar a cobertura vegetal como forma de eliminar plantas daninhas. Para preparo de solos, no cerrado, são utilizados arados de discos e aivecas, grades aradoras e o SPD. Em geral, no sistema convencional recomenda-se a combinação dos sistemas de preparo do solo usando arados e grades visando a diminuição dos aspectos negativos de cada um desses implementos. O SPD é um sistema de semeadura no qual a semente e o adubo são colocados diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas específicas para essa finalidade. No SPD, a reaplicação do calcário deve ser feita a lanço, na superfície do solo, sem incorporação e, no convencional, aplicar metade da dose recomendada antes da primeira aração e metade após a aração, antes da gradagem niveladora. Os solos dos cerrados apresentam elevada acidez subsuperficial, uma vez que, em nível de lavoura, a incorporação profunda de calcário nem sempre é possível. Assim, camadas de solo abaixo de 35 a 40 cm podem continuar com excesso de alumínio tóxico, mesmo quando se tenha efetuado calagem considerada adequada. Esse problema, aliado à baixa capacidade de retenção de água desses solos, pode causar decréscimo na produtividade da cultura. Com o uso de gesso, é possível diminuir a saturação de alumínio nessas camadas mais profundas, uma vez que o sulfato existente no gesso pode arrastar o cálcio para camadas abaixo de 40 cm. Além disso, todo esse processo pode ser realizado em período de tempo de um a dois anos. Deve-se ressaltar que o gesso não é corretivo de acidez do solo, mas pode ser utilizado como fonte dos nutrientes enxofre e cálcio e para minimizar problemas adversos de acidez subsuperfície.

### Adubação

Para obtenção de elevada produtividade com a cultura de trigo na região dos cerrados, é imprescindível a adoção de uma adubação equilibrada. Como os solos desta região são pobres em fósforo e em potássio, torna-se necessária a aplicação de elevada quantidade desses nutrientes. O programa de melhoria de trigo para o desenvolvimento de cultivares indicadas para esse sistema de cultivo tem como principal objetivo a indicação de cultivares de alto potencial produtivo, bem como alta performance na qualidade industrial. Para que o potencial produtivo dessas cultivares possa se expressar nesse ambiente, o manejo correto dos fatores produtivos deve ser uma premissa básica em qualquer empreendimento agrícola. A utilização de fertilizantes é de importância crucial nos sistemas de produção de trigo irrigado, uma vez que o potencial produtivo é alto, levando a uma remoção intensiva desses nutrientes. Uma produtividade de 7.000 kg/ha de trigo com índice de colheita de 40% remove aproximadamente 207 kg/ha de nitrogênio. Além disso, em função da disponibilidade de irrigação, usualmente mais de uma cultura é cultivada a cada ano, intensificando a retirada de nutrientes, sendo necessária a reposição dos mesmos para manter ou aumentar a produtividade.

de do sistema. Adicionalmente, os custos de produção nesse sistema são elevados e a eficiência do sistema depende da maximização dos tetos de produtividade para compensar o investimento em irrigação e energia. O monitoramento da irrigação deve ser planejado e executado de acordo com critérios técnicos de forma a minimizar os impactos ambientais negativos dessa tecnologia. Portanto, a fertilização da cultura do trigo irrigado no cerrado difere substancialmente da cultura do trigo de sequeiro. Nesta última, predomina um sistema de baixa tecnologia, com aproveitamento da adubação residual da soja e utilização de cultivares melhoradas para tolerância a estresses ambientais bióticos e abióticos, atingindo tetos de produtividade que raramente superam 2.000 kg/ha.

### Adubação fosfatada

Para uma criteriosa indicação de adubação fosfatada, deve-se conhecer o plano de utilização da propriedade rural, incluindo a seqüência de culturas, o prazo de utilização das áreas e a expectativa de produtividade. Na região dos cerrados, o método usado pelos laboratórios de análise de solo para extrair P do solo é o Mehlich-I (ácido duplo). A adição de fósforo ao solo pode ser feita por meio de fosfatagem e de adubação fosfatada na semeadura. Na fosfatagem, objetiva-se aumentar a fertilidade do solo, de forma imediata ou gradativa, visando reduzir a fixação de P nas adubações fosfatadas subseqüentes, aumentar os teores dos nutrientes de baixa mobilidade no solo, proporcionar a sua disponibilidade em um maior volume de solo e reduzir os riscos da exploração agrícola. A fosfatagem pode ser feita de forma imediata, em que a aplicação de fósforo na dose recomendada em função da textura do solo, numa única operação a lanço, com a posterior incorporação, propiciando correção da baixa fertilidade. Anualmente, deve-se fazer uma adubação no sulco de plantio para manutenção da fertilidade. Sugere-se aplicar o adubo fosfatado a lanço, incorporando-o à camada arável, para propiciar maior volume de solo corrigido. Doses inferiores a 100 kg de  $P_2O_5$ /ha, no entanto, devem ser aplicadas no sulco de plantio, à semelhança da adubação corretiva gradual. A adubação corretiva gradual constitui-se em alternativa que pode ser adotada quando não há possibilidade de utilizar o sistema proposto acima, isto é, de fazer a correção do solo de uma vez. Essa prática consiste na aplicação no sulco de plantio de uma quantidade de P superior à indicada para adubação de manutenção, acumulando-se, com o passar do tempo, o excedente e atingindo-se, após alguns anos, a disponibilidade de P desejada. Espera-se que, num período máximo de seis anos, o solo apresente teor de P na análise, em torno do nível crítico. A opção por uma das alternativas depende da disponibilidade de capital. Sugere-se analisar o solo periodicamente. As fontes de fósforo mais indicadas para a adubação fosfatada em culturas anuais são as solúveis, tais como superfosfato triplo, superfosfato simples, termofosfatos, dentre outros. A escolha de uma fonte está na dependência do custo da unidade de  $P_2O_5$  solúvel em água mais citrato de amônio neutro, ou em ácido cítrico a 2%, posto na propriedade.

A adubação fosfatada de manutenção, feita por ocasião da semeadura, depende dos resultados da análise de solo em função da disponibilidade desse nutriente no solo de acordo com o teor de argila do solo. Para uma disponibilidade baixa a muito baixa, recomenda-se a aplicação de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  e de 80 e 60 kg/ha, respectivamente, para classes de solo com disponibilidade média e alta.

### Adubação potássica

Para adubação potássica, sugerem-se, a exemplo do fósforo, duas alternativas:

a) Corretiva total, em aplicação a lanço;

b) Corretiva gradual, que consiste em aplicações feitas no sulco de plantio de quantidade superior à adubação de manutenção. Quando a lavoura for irrigada, aplicar 10 kg/ha de  $K_2O$  a mais, independente do teor de K extraído do solo.

A adubação de manutenção visa a manutenção, em níveis adequados, de fósforo e de potássio no solo. É indicada quando se utiliza integralmente a adubação corretiva, sendo dispensada quando se procede a adubação corretiva gradual. Aplicar 60 kg/ha de  $P_2O_5$  e 30 kg/ha de  $K_2O$ , para uma expectativa de rendimento de 3.000 kg/ha de trigo. Se a expectativa de rendimento for de 5.000 kg/ha as doses serão de 80 kg/ha de  $P_2O_5$  e 40 kg/ha de  $K_2O$ .

### Adubação nitrogenada

A adubação nitrogenada deve ser feita em duas etapas: por ocasião da semeadura e no início do estágio de perfilhamento, quando se inicia o processo de diferenciação da espiga. Este estágio ocorre cerca de 14 dias após a emergência das plântulas do trigo.

Aplicar 20 kg/ha de nitrogênio, por ocasião da semeadura. Para trigo irrigado, cujo potencial de produtividade é mais elevado, indica-se dose maior em cobertura, respeitando-se as características das cultivares, em relação a acamamento e às culturas anteriores. A adubação de nitrogênio para as cultivares BRS 207 e BRS 210 deve ser de até 100 kg/ha de N, enquanto para a Embrapa 42, BRS 264 e Pioneiro a dose é de até 80 kg/ha e para Embrapa 22 e BRS 254 de até 70 kg/ha.

### Controle de Doenças

Dentre as medidas de controle das doenças de trigo, o uso de cultivares resistentes é a preferencial. Entretanto, não se dispõem de cultivares resistentes a todas as enfermidades. Outras medidas, como o tratamento de sementes, a rotação de culturas e a eliminação de plantas voluntárias e de hospedeiros secundários, auxiliam na redução do inóculo dos patógenos. Além dessas táticas, dispõe-se, ainda, do controle químico. Essa prática é uma medida emergencial e rápida de controle, porém, determina um acréscimo significativo no custo da lavoura (aproximadamente US\$ 30,00/ha). Por isso, deve ser

utilizada somente em lavouras tecnicamente planejadas e que apresentem potencial elevado de rendimento.

### Controle de doenças do sistema radicular e redução do inóculo dos agentes causais de manchas foliares

A rotação de culturas reduz a densidade de inóculo dos fungos causadores de podridões radiculares (*Bipolaris sorokiniana*) e de manchas foliares (*B. sorokiniana* e *Drechslera tritici-repentis*). A podridão comum de raízes, causada por *B. sorokiniana*, ocorre generalizadamente nas lavouras e é responsável pela redução acentuada da capacidade de absorção de água e de nutrientes pelas raízes. Isso ocasiona o desenvolvimento de plantas com pouco vigor e, conseqüentemente, suscetíveis ao acamamento e ao ataque de outras doenças. Em geral, as manchas foliares são mais severas em monocultura e SPD. Para a implantação de um sistema de rotação de culturas, cabe à assistência técnica estabelecer o programa que melhor se adapte às características de cada propriedade.

### Tratamento de sementes

Na maioria das vezes, mesmo sem apresentar sintomas externos, as sementes podem estar infectadas por organismos, agentes causais de doenças. Para evitar que fungos patogênicos, como *B. sorokiniana*, *D. tritici-repentis* e *Pyricularia grisea* sejam reintroduzidos na lavoura, as sementes devem ser tratadas com fungicidas.

### Controle das doenças de órgãos aéreos

Devido às condições climáticas adversas (alta umidade e temperatura), aliadas à suscetibilidade das cultivares, a cultura de trigo pode ter seu rendimento reduzido pelo ataque de fungos causadores de doenças. Em razão disso, o controle das doenças, pela aplicação de fungicidas nos órgãos aéreos, pode ser um fator de estabilização de rendimento, em níveis econômicos.

As principais doenças-alvo do controle químico são: mancha marrom (*B. sorokiniana*) e a mancha bronzeada (*D. tritici-repentis*).

A aplicação de fungicidas é uma prática que exige a planificação da lavoura por parte da assistência técnica e/ou do agricultor. A adoção desta prática, bem como dos produtos a serem utilizados, deve ser decidida anteriormente ao surgimento da doença e associada a outras técnicas que assegurem potencial elevado de rendimento da lavoura. A escolha da cultivar, a prática de rotação de culturas e o tratamento de sementes poderão ser fundamentais para o sucesso do tratamento com fungicidas. Na escolha do produto ou da mistura dos fungicidas indicados, é importante considerar fatores como o modo de ação, eficiência, persistência, aspectos toxicológicos e econômicos.

As principais doenças que ocorrem no trigo irrigado no cerrado são:

#### Oídio

Dentre as doenças foliares, o oídio, causado por *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, causa danos apenas em trigo irrigado. Para seu controle, deve-se usar os produtos indicados, quando a severidade atingir 20% ou quando 10 a 15% das plantas apresentarem folhas com oídio durante o estágio de perfilhamento.

#### Manchas foliares (*B. sorokiniana* e *D. tritici-repentis*)

O uso de sementes com boa sanidade ou o tratamento de sementes com fungicidas em doses eficientes, associado à rotação de culturas ou ao pousio, reduz o inóculo primário destas doenças. Assim, retarda-se o aparecimento dos fungos causadores de manchas foliares nas lavouras, mesmo em cultivares suscetíveis a estas doenças, de modo que, em algumas situações, o nível de dano econômico não é atingido.

#### Brusone do trigo

Embora a brusone do trigo, causada pelo fungo *P. grisea*, seja um problema maior para o trigo de safrinha, a sua incidência na cultura irrigada tem sido observada em alguns anos. São escassas as informações da pesquisa em relação à epidemiologia e, conseqüentemente, ao controle da brusone. Sabe-se, entretanto, que a ocorrência da doença é muito dependente das condições climáticas, principalmente de altas temperaturas durante a fase de espigamento, período em que os prejuízos causados pela brusone são maiores. Portanto, se há previsão de condições favoráveis ao desenvolvimento da brusone nesta fase, torna-se viável economicamente o seu controle preventivo, por meio de uma aplicação efetuada no início do espigamento, complementada por mais uma, 10 a 12 dias após, se as condições favoráveis à doença persistirem.

O fungo pode ser transmitido pelas sementes, pode sobreviver nos restos culturais e, também, tem várias gramíneas como hospedeiros. A ocorrência de *Magnaporthe grisea* foi relatada em mais de 50 gramíneas, incluindo outros cereais como arroz, cevada, aveia, milho e milheto. No Brasil, o fungo ocorre em gramíneas comumente encontradas nas lavouras de trigo como *Brachiaria plantaginea*, *Cenchrus echinatus*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crusgalli*, *Eleusine indica*, *Pennisetum setosum*, *Hyparrhenia rufa*, *Rhynchelytrum roseum*. Estudos realizados no Japão demonstram que nenhum isolado de gramíneas infecta arroz, enquanto um grande número de isolados das diversas espécies de gramíneas são patógenos potenciais para a cultura do trigo. A esporulação abundante de *M. grisea* em trigo está condicionada a condições ambientais com umidade relativa igual ou superior a 95% e temperatura em

torno de 28°C. Prevalecendo estas condições favoráveis por um período de 48 horas e existindo fonte de inóculo e hospedeiro abundante presume-se que poderá ocorrer o desenvolvimento intenso da brusone.

Como medidas gerais de controle indica-se o uso de variedades resistentes e de sementes livres do fungo, bem como controle eficaz de plantas invasoras hospedeiras naturais do patógeno. Um planejamento estratégico visando o manejo correto da brusone deve levar em consideração todas as práticas de produção em cada um dos sistemas ecológicos e não somente o controle da doença.

O uso de sementes com boa sanidade, associado ao tratamento de sementes com fungicidas em doses eficientes e à rotação de culturas, reduz o inóculo primário. Assim, retarda-se o aparecimento dos fungos causadores das manchas foliares nas lavouras, mesmo em cultivares suscetíveis e em anos climaticamente adversos, de modo que, em muitos casos, o limiar de ação não é atingido. A reaplicação dos fungicidas poderá ser feita quando o limiar for novamente alcançado. Por outro lado, se o limiar não for atingido não se deve efetuar o controle químico.

O sucesso de um programa de tratamento fitossanitário depende, fundamentalmente, da utilização de produtos de eficiência comprovada, de uma tecnologia adequada para sua aplicação com segurança e da dose correta no momento adequado. Tratando-se de cultura que ocupa extensas áreas de plantio, os tratamentos fitossanitários são, normalmente, realizados com equipamentos tratorizados ou com aeronaves agrícolas.

## Controle de Pragas

### Pragas de campo

#### Controle de pulgões

Diversas espécies de pulgões podem ocorrer associadas à cultura de trigo no Brasil. As mais comuns são *Schizaphis graminum* (pulgão-verde-dos-cereais) que ataca principalmente folhas e no início do ciclo da cultura; *Metopolophium dirhodum* (pulgão-da-folha); *Sitobion avenae* (pulgão-da-espiga) que ataca folhas e, principalmente, espigas; *Rhopalosiphum padi* (pulgão-do-colmo) e *Rhopalosiphum rufiabdominale* (pulgão-da-raiz).

Os pulgões podem provocar perdas no rendimento de grãos pela redução da massa de mil grãos, da massa do hectolitro e do número de grãos por espiga, bem como no poder germinativo das sementes. Além desses danos, os pulgões podem ser vetores de virose (Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada) e a espécie *Schizaphis graminum* possui saliva tóxica às plantas, que pode causar amarelecimento e necrose de tecidos e até morte de plântulas.

Entre os inseticidas sugeridos para o controle de pulgões, deve-se dar preferência aos que tenham menor toxicidade aos inimigos naturais e aos mamíferos. O uso generalizado de produtos seletivos permitirá o aumento das populações de inimigos naturais e o incremento do controle biológico.

Após o estágio de grão em massa, não é necessário o controle de pulgões. A determinação da população média de pulgões deve ser efetuada semanalmente, por meio da amostragem de plantas em vários pontos representativos da lavoura.

### Controle de lagartas

Em trigo, no Brasil, podem ocorrer diversas espécies de lagartas. As mais comuns são *Pseudaletia sequax* e *Pseudaletia adultera*, conhecidas pelo nome comum de lagartas-do-trigo, *Spodoptera frugiperda*, conhecida como lagarta-militar ou lagarta-do-cartucho-do-milho e, mais eventualmente, *Mocis latipes*, a lagarta-dos-capinzais. Todas estas espécies são filófagas, podendo as lagartas-do-trigo também atacar as espigas. A lagarta-militar pode ocorrer desde logo após a emergência da cultura e diminuir a população de plantas.

O efeito dos inseticidas para o controle de *Pseudaletia* spp. dá-se mais pela ação de ingestão dos produtos do que pela ação de contato. Recomenda-se, portanto, o início do controle nos focos de infestação quando ainda existirem folhas verdes nas plantas de trigo.

Em relação à lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), tem-se observado que a mesma ocorre em populações mais elevadas em anos de seca prolongada. Trabalhos realizados demonstram que a cultura do trigo no SPD apresenta menor incidência da lagarta-elasma, quando comparada com o plantio convencional.

### Pragas de grãos armazenados

Recomenda-se o uso do manejo integrado de pragas no armazenamento, que compreende várias etapas, como as medidas preventivas:

- Armazenamento de trigo com teor de umidade máxima de 13%;
- higienização e limpeza de silos, depósitos e equipamentos;
- eliminação de focos de infestação mediante a retirada e a queima de resíduos do armazenamento anterior;
- pulverização das instalações que receberão os grãos;
- atenção para evitar a mistura de lotes de grãos não infestados com outros já infestados, dentro do silo ou armazém.

Além dessas medidas preventivas, recomenda-se as medidas curativas, como fazer o expurgo dos grãos, caso apresentem

infestação, usando o produto fosfina. Esse processo deve ser feito em armazéns, em silos de concreto, em câmaras de expurgo, em porões de navios ou em vagões, sempre com vedação total, observando-se o período de exposição necessário para controle de pragas e a dose indicada do produto.

Os grãos podem ser tratados preventivamente da maneira a seguir: Após limpos e secos, os grãos que ficarem armazenados por períodos longos, podem ser tratados com inseticidas protetores, de origem química ou natural, para garantir a eliminação de qualquer praga que venha a infestar o produto armazenado.

Uma vez armazenado, o trigo deve ser monitorado durante todo o período em que permanecer estocado. O acompanhamento de pragas que ocorrem na massa de grãos armazenados é de fundamental importância, pois permite detectar o início da infestação que poderá alterar a qualidade final do grão. Esse monitoramento tem por base um sistema eficiente de amostragem de pragas, independentemente do método empregado, e a medição das variáveis, temperatura e umidade do grão, que influem na conservação do trigo armazenado.

## Irrigação

### Sistema Plantio Direto

Conceitualmente o plantio direto é definido como a semeadura direta de culturas sem preparo do solo e com a presença de cobertura morta ou palha, constituída de restos vegetais originados da cultura anterior conduzida especificamente para produzir palha e, às vezes, também grãos.

Num conceito mais amplo, criou-se a denominação SPD que consiste na forma de manejo que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente. Fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas.

O solo no SPD geralmente apresenta maiores valores de densidade e microporosidade e menores valores de porosidade total e macroporosidade, nas camadas superficiais do perfil, quando comparado a outros sistemas de preparo. À primeira vista, este comportamento não é favorável para permitir altos índices de infiltração. Porém, no SPD o solo encontra-se protegido pela cobertura morta, o que aumenta a rugosidade da superfície. Assim, aliando-se o efeito da cobertura ao da maior estabilidade estrutural, a infiltração de água no solo sob SPD tem sido mais elevada que em outros sistemas de preparo, ocasionando menor perda de água por escoamento superficial.

Outra característica hídrica importante do solo sob SPD é o seu maior armazenamento de água. Nas tensões matriciais mais baixas, a distribuição do tamanho dos poros é altamente

correlacionada com o armazenamento de água no solo. Desta maneira, aqueles sistemas de preparo que provocam maior revolvimento do solo e, portanto, aumentam o seu volume, armazenam menos água na camada revolvida em comparação à outra camada idêntica sem revolvimento. Aliado ao aspecto armazenamento, fatores como temperatura e cobertura superficial têm garantido ao perfil do solo com menor revolvimento, em muitas situações, maiores conteúdos de água para as plantas.

Pode-se deduzir, portanto, que o manejo da irrigação deve ser diferenciado no SPD em relação ao sistema de preparo convencional do solo, principalmente em relação à lâmina total de água e ao intervalo entre irrigações.

### Retenção da Água do Solo

A forma da curva característica de retenção da água do solo é afetada pelo manejo a que é submetido o solo. O preparo de solo, em geral, modifica sua estrutura, alterando o conteúdo de água, pela mudança no volume, dimensão e forma do sistema poroso.

O solo no SPD tem-se caracterizado por apresentar, nos primeiros anos de implantação do sistema, maior compactação na camada superficial, devido à sua maior densidade e menor porosidade total e macroporosidade, quando comparado a outros sistemas de preparo. Quanto mais compactado o solo, menor será o volume do conjunto de poros existentes entre os agregados. Isto significa que o teor de água de saturação, bem como a redução inicial do conteúdo de água como consequência da aplicação da tensão ficam diminuídos. Também, em solos compactados, é maior o volume dos poros de tamanho intermediário, uma vez que certo número de poros originalmente grandes podem ter sido comprimidos e reduzidos em tamanho pela compactação, ao passo que os poros internos nos agregados, os microporos, permanecem inalterados. Esta é a explicação para o fato de solos compactados e não compactados poderem apresentar curvas quase idênticas sob condições de alta tensão (Figura 1).

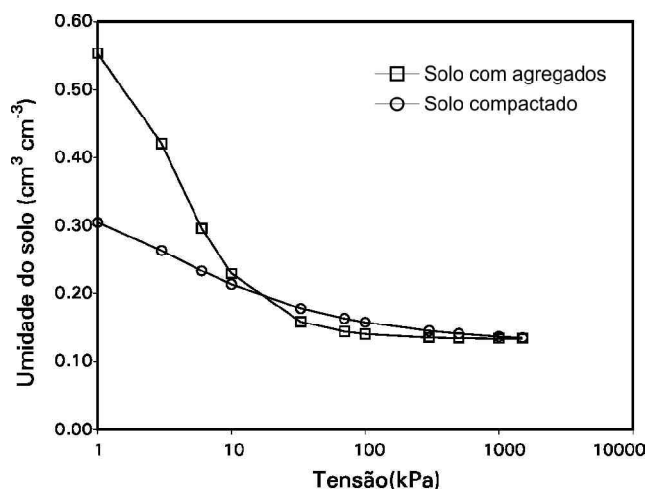


Fig 1. Curvas de retenção de água de um solo compactado e com agregados.



Com o passar dos anos, entretanto, a densidade do solo sob SPD pode vir a diminuir, devido, em parte, ao aumento do conteúdo de matéria orgânica na camada superficial, que favorece a melhoria da estrutura do solo, e pode modificar a capacidade de retenção da água.

Verificou-se, no solo sob SPD, maior retenção de água na camada do solo de 0-10 cm de profundidade (Figura 2) em comparação ao preparo convencional.

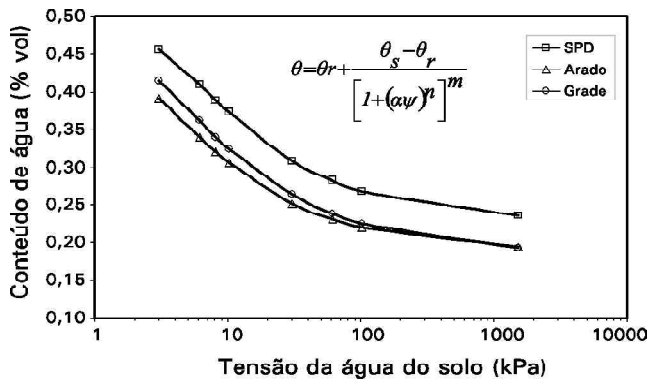


Fig. 2. Curva de retenção de água de um Latossolo Vermelho-distrófico, na camada de 0-10 cm sob plantio direto e preparo convencional, com grade aradora e arado de aiveca.

Em vários trabalhos tem-se observado que sob SPD ou em sistemas de preparo reduzido ocorre maior retenção de água pelo solo, principalmente em baixas tensões e a maior retenção de água sob SPD foi atribuída às alterações sofridas na porosidade e ao maior conteúdo de matéria orgânica. Observou-se, ainda, que a maior quantidade de microporos encontrados no SPD foi a causa da sua maior capacidade de retenção de água em comparação ao preparo convencional. A maior retenção de água verificada no SPD implica que, em condições idênticas de irrigação, neste sistema poderá haver mais água disponível para as plantas e menor variação no seu conteúdo que em sistemas de preparo que revolvem o solo. Verificou-se que a tensão matricial da água no solo foi menor e menos variável no SPD, em comparação aos preparos com grade aradora e com arado de aiveca (Figura 3).

## Critérios para o Manejo da Irrigação

A irrigação é uma tecnologia importante na produção de alimentos. O objetivo da irrigação é fornecer água às culturas no momento certo e na quantidade adequada. Com um manejo adequado, um sistema de irrigação deve proporcionar maior eficiência de uso de água, aumentando a produtividade das culturas, diminuindo os custos de produção e, conseqüentemente, proporcionando maior retorno dos investimentos.

No meio rural, a irrigação é responsável pela maior parte do consumo de água e energia elétrica. Muitas vezes, entretanto, parte da energia utilizada na irrigação é perdida em razão das perdas de água devido ao manejo inadequado da irrigação. Por não adotar uma estratégia de manejo eficiente em seu equipamento, o produtor normalmente irriga em excesso,

temeroso que a cultura sofra déficit hídrico que possa comprometer a produção. Por outro lado, o objetivo de racionalizar a irrigação não é economizar água, aplicando quantidade menor que a necessidade da cultura.

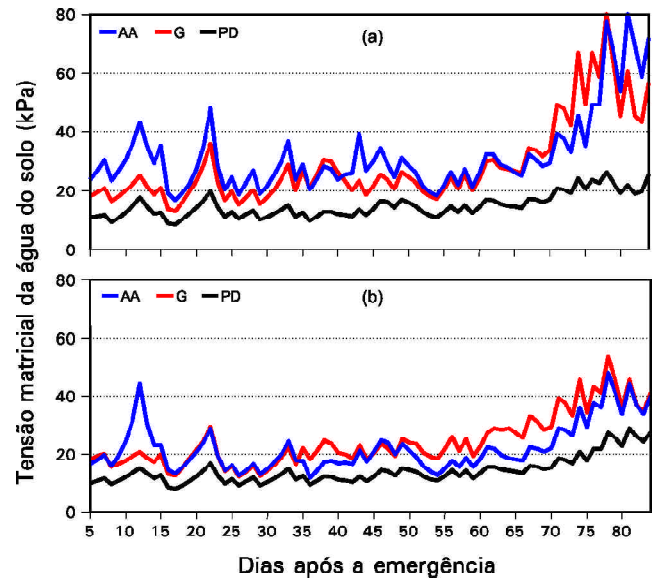


Fig. 3. Tensão matricial da água do solo a 15 cm (a) e a 30 cm (b) de profundidade, em três sistemas de preparo do solo: AA - Arado de Aiveca, G - Grade e PD - Plantio Direto.

A irrigação em excesso tem como conseqüência o desperdício de energia gasta com bombeamento desnecessário de água. Para exemplificar, um milímetro de lâmina de água excedente em uma área irrigada de 100 ha, representa a condução desnecessária de 1000 m<sup>3</sup> de água, que pode consumir, dependendo das condições do equipamento de irrigação, de 3 a 8 kWh de energia elétrica. Deve-se, portanto, manejar racionalmente a irrigação para se evitar o mau uso de fatores de produção como água e definir o momento exato e a quantidade de água a ser aportada na área irrigada para atender às necessidades hídricas da cultura.

São vários os procedimentos que podem ser adotados como critérios para se determinar quando e quanto de água deve ser aplicada em uma cultura. A maioria dos critérios se baseia no estado da água em um ou mais componentes do sistema solo-planta-atmosfera. De acordo com inúmeros pesquisadores, o ideal seria monitorar o grau de deficiência hídrica na própria planta. Muitos indicadores podem ser utilizados para esse fim. Abertura estomática, temperatura de folha, coloração, taxa de transpiração, potencial osmótico, potencial de água, entre outros são parâmetros que poderiam, com boa precisão, fornecer informações para se estabelecer critérios para quantificar as necessidades de água de uma cultura. Entretanto, para esses procedimentos os equipamentos são dispendiosos e inacessíveis à maioria dos produtores.

De mais fácil acesso e menos complexas, as medidas do estado da água no solo podem ser usadas para a avaliação das necessidades hídricas das plantas.

Medidas do conteúdo ou tensão da água no solo podem ser utilizadas para avaliar indiretamente a deficiência hídrica de uma cultura. O uso de medidas de tensão da água no solo para o controle da irrigação tem como principal vantagem a possibilidade de extrapolação dos resultados para solos semelhantes com poucas modificações. Isto é possível porque o consumo de água da planta é realizado em resposta a diferenças de potenciais, que produz, de certa forma, um efeito semelhante na planta independentemente do local considerado.

Os critérios baseados em medidas climáticas também fornecem subsídios para estimar as necessidades hídricas de uma cultura. Com base em determinadas variáveis, como a radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evaporação da água do solo, é possível determinar, por meio de equações empíricas, a evapotranspiração de um cultivo de referência (Eto) e, com o auxílio de coeficientes apropriados - coeficientes de cultura (Kc), estimar as necessidades hídricas de uma cultura. Para esse fim também podem ser utilizadas, adicionalmente, medidas de evaporação de uma superfície livre de água, tanque Classe A.

### Tensão da água do solo

Na região dos cerrados, geralmente, os produtores têm feito irrigações com as quais são mantidas baixas as tensões de água no solo durante o desenvolvimento da cultura. Entretanto, isto implica em irrigações muito freqüentes, e estas não têm sido recomendadas porque aumentam os custos de produção e as perdas de água por evaporação, além de favorecerem a ocorrência de doenças.

Para a cultura do trigo, foi verificado que a sua produtividade máxima relativa, no SPD, ocorreu quando as irrigações foram realizadas com tensão de água do solo, medida à 15 cm de profundidade, em torno de 40 kPa (Figura 4). Este valor está na faixa de tensão da água do solo recomendada para reinício da irrigação do trigo, também, em condições de preparo convencional do solo.

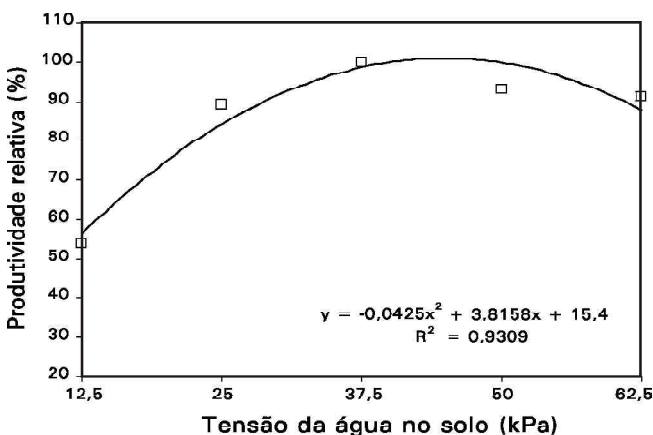


Fig. 4. Produtividade relativa do trigo, no Sistema Plantio Direto, em função da tensão matricial da água do solo.

### Coefficiente de cultura

O coeficiente de cultura (Kc) é a relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo). ETc é a perda de água para a atmosfera por evaporação e transpiração de uma cultura em condições ótimas de população de plantas, fertilidade e disponibilidade de água no solo, com determinada bordadura e condições atmosféricas típicas, em qualquer estágio de desenvolvimento. ETo é a evapotranspiração ocorrente em uma superfície vegetada com grama batatais, *Paspalum notatum* Flüggé, bem provida de água, em fase de desenvolvimento ativo e com bordadura adequada.

A ETo pode ser estimada por meio de fórmulas empíricas ou por meio de tanques evaporimétricos, dos quais o mais usado é o tanque USWB Classe A. Ele consiste de um tanque circular, de aço galvanizado, chapa 22, ou de metal monel 0,8 mm, com 121 cm de diâmetro interno e 25,4 cm de profundidade. O tanque deve ser instalado sobre estrado de madeira de 15 cm de altura. O nível inicial da água deve ficar 5 cm abaixo da borda superior. Não se deve permitir variação do nível da água maior que 2,5 cm. A água deve ser renovada regularmente para mantê-la limpa. A evaporação é medida com um micrômetro de gancho colocado sobre um poço tranquilizador ou por régua especialmente graduada colocada de forma inclinada, ou ainda, com uso de mangueira transparente conectada à parede lateral do tanque. Um pluviômetro deve ser instalado próximo ao tanque, porque as chuvas também são consideradas no controle da irrigação. Quando estas ocorrerem, se o tanque estiver com o nível acima do normal, deve-se esvaziá-lo até que o nível da água volte ao normal.

Quando o tanque Classe A é usado, a evaporação do tanque (ECA) é transformada em ETo por meio do coeficiente do tanque (Kp), que leva em conta as condições meteorológicas reinantes e o meio circundante ao tanque (Tabela 1). Assim:

$$ETo = ECA \times Kp \dots \dots \dots (1)$$

Tabela 1. Valores do coeficiente de tanque.

Vento (m s <sup>-1</sup> )	Posição do tanque R' (m)	Tanque circundado por grama Umidade relativa média			Tanque circundado por solo nu Umidade relativa média		
		Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%	Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%
Fraco < 2	0	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	0,50	0,60	0,70
Moderado 2-5	0	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	0,45	0,55	0,60
Forte 5-8	0	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	0,40	0,45	0,55
Muito Forte > 8	0	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	0,35	0,40	0,45

<sup>1</sup>Por R, entende-se a menor distância do centro do tanque ao limite da bordadura. Nota: Para extensas áreas de solo nu, reduzir os valores de Kp de 20%, em condições de alta temperatura e vento forte, e de 10 a 5%, em condições de moderada temperatura, vento e umidade.

Conhecida a ETo, que obtida pela multiplicação da evaporação do tanque pelo coeficiente do tanque (Tabela 1) a ETc pode ser calculada por:

$$ETc = Eto \times Kc \dots \dots \dots (2)$$

Na Figura 5 é apresentado o coeficiente de cultura para o trigo no SPD, cultivado em diferentes níveis de cobertura do solo pela palhada. Observa-se que foram obtidos diferentes valores de Kc para os diferentes níveis de cobertura da superfície do solo. Comparando o valor máximo de Kc do trigo, no período reprodutivo, obtido no solo sem cobertura, em torno de 1,25, para o solo com 100% de cobertura, em torno de 1,0, observa-se que a cobertura total do solo pela palhada propiciou economia de água de cerca de 20%.

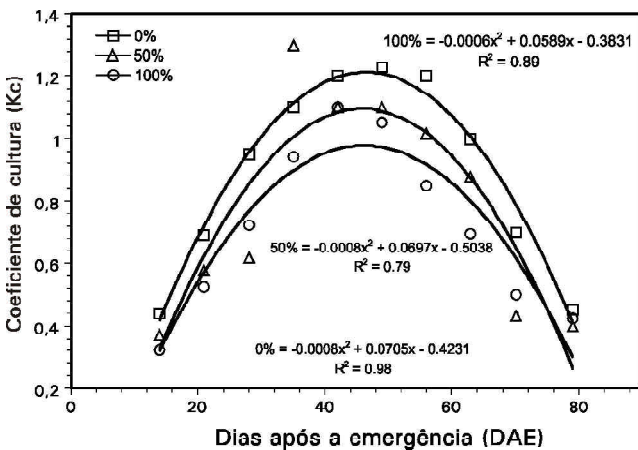


Fig. 5. Coeficientes de cultura do trigo, cultivar Br 42, no SPD, em diferentes níveis de cobertura do solo pela palhada.

A maior eficiência do uso de água proporcionada pelo SPD é devida à presença de uma adequada cobertura morta, ao reduzir as perdas por evaporação. A palhada atua na primeira fase do processo de evaporação da água do solo, reduzindo a taxa de evaporação devido à reflexão de energia radiante. A taxa de redução depende da magnitude da cobertura morta e da arquitetura e desenvolvimento do dossel da planta cultivada. Assim, quando a palhada é pouca ou é rapidamente decomposta, e a cultura cobre rapidamente o solo, esse benefício não é tão expressivo. Esta é a razão da diferença de comportamento, entre os solos cobertos e descobertos, em relação à eficiência do uso da água. Devido à rápida decomposição dos resíduos com baixa relação C/N em condições de clima tropical, diminuindo seu volume, reduzindo a porcentagem de cobertura do solo e aumentando, em consequência, as perdas de água por evaporação e pelo escoamento superficial, a eficiência do uso da água é menor no SPD à medida que a cobertura morta for menor e/ou não perdurar até o final do ciclo do trigo. A economia de água começa a ser importante a partir de 50% de cobertura do solo pela palhada, implicando em menor número de irrigações (Figura 6).

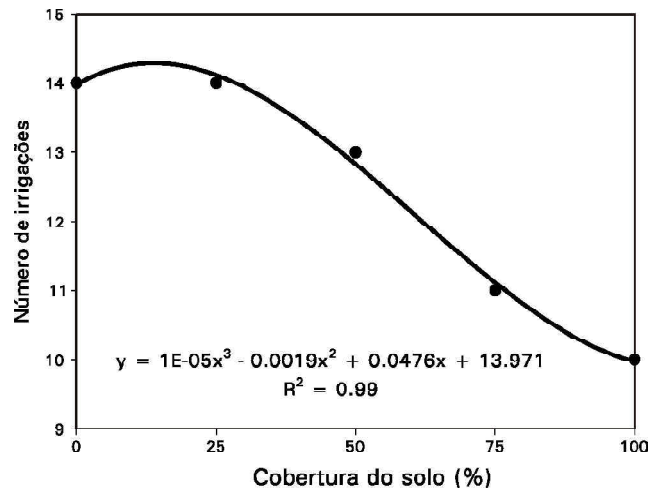


Fig. 6. Número de irrigações, em função da porcentagem de cobertura do solo pela palhada.

### Manejo Da Irrigação

Pode ser utilizado um dos três métodos apresentados a seguir para o manejo da irrigação do trigo. Eles combinam o uso de tensiômetro com curva de retenção da água do solo ou tanque USWB Classe A, ou o tanque com curva de retenção da água do solo. Comparando os três métodos nas condições de Senador Canedo, GO, observou-se que não diferiram significativamente quanto à eficiência do uso da água.

### Tensiômetro e curva de retenção da água do solo

O tensiômetro é constituído de um tubo plástico, de comprimento variável, com uma cápsula de porcelana porosa na extremidade inferior. É fechado hermeticamente na extremidade superior, onde se encontra um manômetro de mercúrio (Hg) ou um vacuômetro metálico, como elemento indicador do vácuo existente dentro do aparelho, quando em operação. Ele mede diretamente a tensão da água e, indiretamente, a porcentagem de água do solo.

O tensiômetro, por ser um sensor de vácuo, possui um limite teórico de medição de 100 kPa, equivalente a 760 mm de Hg, 100 centibar ou 1 atm. Na prática, contudo, sua faixa de medição é de 0 a 80 kPa. A leitura zero indica que o solo está saturado e que as raízes das plantas podem sofrer pela falta de oxigênio. De 10 a 60 kPa, a quantidade de água no solo é adequada para a maioria das culturas.

O vacuômetro metálico é calibrado, geralmente, em centibar ou em milímetro de mercúrio (mm Hg), mas os valores de tensão podem ser dados também em centímetro de água, bar e Pascal (Pa), de acordo com as relações:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1033 \text{ cm H}_2\text{O} = 1,013 \text{ bar} = 101,3 \text{ kPa}$$

A tensão da água do solo ( $T_s$ ), expressa em bar, é calculada pela seguintes equações:

a. Tensiômetro com vacuômetro

$$T_s = 0,01 (L - 0,098h) \dots \dots \dots (3)$$

onde: L = leitura do vacuômetro em centibar; h = altura da coluna de água dentro do tubo, em cm.

b. Tensiômetro com manômetro de mercúrio

$$T_s = (12,6h - h_1 - h_2) / 1020 \dots \dots \dots (4)$$

onde: h = altura da coluna de mercúrio, em cm; h<sub>1</sub> = altura do nível de mercúrio no recipiente em relação ao solo, em cm; h<sub>2</sub> = profundidade de instalação do tensiômetro, em cm.

c. De uso mais recente, tensímetros equipados com transdutores de pressão podem fazer as leituras da tensão da água no solo diretamente nos tensiômetros.

O tensiômetro deve ser instalado na lavoura de trigo após a emergência das plântulas e quando o solo já se encontra com umidade suficiente para o funcionamento do aparelho.

Com o auxílio de um cano de ferro ou de um trado do mesmo diâmetro do tubo do tensiômetro, faz-se um buraco até a profundidade desejada. Em seguida, introduz-se o tensiômetro, tendo o cuidado para que haja bom contato entre a cápsula e o solo. A adição de um pouco de terra solta e água dentro do buraco ajuda a melhorar este contato. Após atingir a profundidade de instalação, coloca-se um pouco de terra ao redor do tubo, comprimindo-se levemente, para evitar que a água de irrigação alcance a cápsula pelo espaço deixado entre o tubo e o solo.

O tensiômetro deve ser instalado entre as fileiras de trigo e em duas profundidades, uma a 15 cm e outra a 30 cm, lado a lado, cujo conjunto forma uma bateria. A profundidade é medida a partir da metade da cápsula. A leitura do tensiômetro de 15 cm representa a tensão média da água de um perfil de solo de 0-30 cm de espessura, o qual engloba a quase totalidade das raízes do trigo e indica o momento da irrigação. O tensiômetro instalado a 30 cm é usado para verificar se a irrigação está sendo bem feita, para que não haja excesso ou falta de água. Ao lado da bateria dos tensiômetros deve ser instalado um pluviômetro, a cerca de 1 m de altura, que servirá para coleta da água de irrigação do pivô central ou da chuva e, também, como referência para localização dos tensiômetros no campo.

No sistema de irrigação por pivô central, o mais utilizado na cultura do trigo no cerrado, devem ser instaladas três baterias de tensiômetros na área irrigada que devem ser posicionadas, respectivamente, a uma distância equivalente a 4/10, 7/10 e 9/10 do raio do pivô, em linha reta a partir

da base. Nesta localização, cada bateria representa, aproximadamente, 33,3% da área irrigada pelo pivô central.

Deve-se ter cuidado e uma certa flexibilidade, permitindo-se pequenos deslocamentos, para que estes pontos sejam representativos da precipitação média e não pontos de precipitação máxima ou mínima.

Para isto é importante que seja calculada a precipitação média e plotados gráficos da precipitação coletada em milímetros em relação à distância ao centro do pivô (Figura 7). Neste exemplo, verifica-se que é necessário deslocar as baterias de tensiômetros para que elas sejam instaladas em pontos em que a precipitação esteja próxima da média.

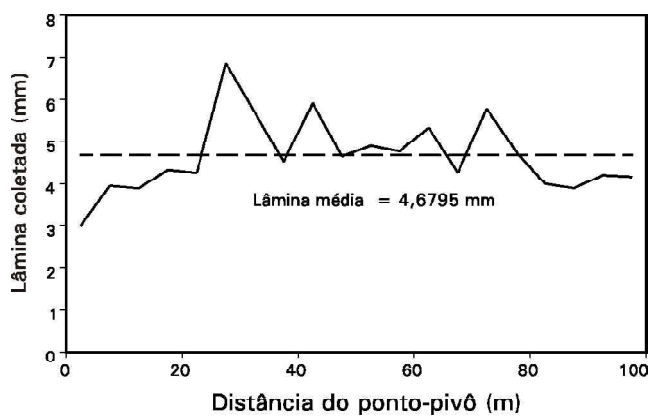


Fig. 7. Perfil de precipitação ao longo da linha lateral, em sistema operando na velocidade máxima, com CUC = 87,6% e CUD = 85,6%.

A coleta da precipitação em um pivô central deve ser realizada utilizando-se recipientes coletores instalados em duas linhas radiais com ângulo de 3° aproximadamente entre elas, conforme Projeto de Norma 12:02.08-005 da ABNT. Propõe-se, ainda, colocar os recipientes coletores em quatro raios do círculo irrigado, sendo dois no sentido da maior declividade do terreno e os outros dois, em nível. A altura do bordo superior dos coletores (desde a superfície do terreno) deve ser aproximadamente a mesma e ficar em torno de 30 cm acima das plantas existentes na área do teste. Os coletores devem ser numerados, em ordem crescente, a partir do centro do pivô, e igualmente afastados entre si de 3 a 10 m, tomando-se a precaução de evitar o caminho percorrido pelas rodas. O primeiro coletor deve ser colocado afastado do centro do pivô de uma distância igual a metade do espaçamento estabelecido.

Como cada coletor representa uma área maior, à medida que se afasta do centro do pivô, deve-se ponderar os valores coletados. A ponderação é feita considerando como peso as frações de área representada por cada coletor (f<sub>i</sub>):

$$f_i = 2\pi e^2(i-0,5) \dots \dots \dots (5)$$

onde: e = espaçamento entre coletores, em m; i = número de ordem do coletor.

Uma vez fixado o espaçamento entre os coletores, o termo  $2\pi e^2$  é constante; portanto, na ponderação, considera-se  $(i - 0,5)$ .

A precipitação média ponderada ( $\bar{X}$ ), em milímetros, é igual a:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n (i - 0,5) X_i}{\sum_{i=1}^n (i - 0,5)} \dots \dots \dots (6)$$

onde:  $X_i$  = precipitação observada no coletor de ordem  $i$ .

Para efeito do cálculo, devem ser utilizadas as médias aritméticas dos volumes captados nos coletores do mesmo número de posição.

Os volumes de água, coletados após a passagem do pivô pelo local do ensaio, devem ser medidos com a maior rapidez possível para minimizar as perdas por evaporação. Eles são medidos com uma proveta graduada e, posteriormente, convertidos em altura de água (lâmina), pela consideração da área da boca do coletor. Deve-se medir as perdas por evaporação durante o ensaio. Para isto, deverão ser feitas, no mínimo, duas determinações da evaporação, uma na metade e outra no final do ensaio, utilizando-se dois ou mais coletores, que contenham uma lâmina de água aproximadamente igual à que se espera seja aplicada durante o ensaio. Caso o teste seja demorado e a demanda evaporativa da atmosfera seja elevada, o volume evaporado deve ser acrescido às leituras dos coletores, proporcionalmente ao tempo despendido para fazê-las.

Com a finalidade de evitar um tempo de ensaio muito longo, pode-se deixar de instalar os coletores situados até aproximadamente um oitavo do raio do círculo irrigado a partir do ponto do pivô. Os números de posições que corresponderiam a estes coletores não instalados deverão ser contados quando forem determinados os números de posição dos coletores.

Com a precipitação média ponderada e as lâminas coletadas é possível calcular o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), em porcentagem:

$$CUC = 100[1 - (\sum_{i=1}^n (i - 0,5) |X_i - \bar{X}|) / (\sum_{i=1}^n (i - 0,5) X_i)] \dots \dots \dots (7)$$

$$CUD = 100[\sum_{i=p}^n (i - 0,5) X_i / \bar{X} \sum_{i=p}^n (i - 0,5)] \dots \dots \dots (8)$$

onde:  $p$  = primeiro elemento da série crescente de lâminas coletadas;  $q$  = elemento da série crescente de lâminas coletadas que torna  $\sum_{i=p}^n (i - 0,5)$  aproximadamente igual a 25% da soma total dos números de ordem dos coletores  $[(\sum_{i=1}^n (i - 0,5))]$ . O CUC expressa quanto as precipitações coletadas se aproximam da precipitação média. O CUD é uma medida da distribuição de água que utiliza a quarta parte da área irrigada total que recebe menos água como unidade de análise. Ele expressa quanto a precipitação média desta área menos irrigada se aproxima da precipitação média total.

Alguns estudiosos têm considerado na determinação do CUD para pivô central 25% dos coletores com menor precipitação. Isto não permite a interpretação anterior pois pode não haver correspondência com 25% da área total.

Em culturas de alto rendimento econômico, como o trigo, com sistema radicular raso, o CUC deve estar acima de 88% ou o CUD acima de 80%.

Para o cálculo da lâmina líquida de irrigação (LL), em mm, utilizando as leituras dos tensiômetro, é imperativo conhecer a relação entre as variáveis, tensão e conteúdo de água. Essa relação pode ser verificada experimentalmente e, quando expressa em gráficos, recebe a denominação de curva de retenção de água. Verifica-se, na Figura 8, a curva de retenção de água de um Latossolo Vermelho distrófico, solo típico de cerrado. Os dados representam a média de um perfil com 30 cm de profundidade. Os valores do conteúdo de água foram ajustados pelo modelo de Van Genutchen, utilizando regressão não-linear, onde,  $q_s$  representa o conteúdo de água na saturação;  $q_r$  representa o valor residual do conteúdo de água quando a tensão tende para o infinito;  $a$  é um parâmetro empírico de ajuste, expresso na unidade inversa da tensão  $y$ ; e  $n$  também é um parâmetro empírico de ajuste adimensional.

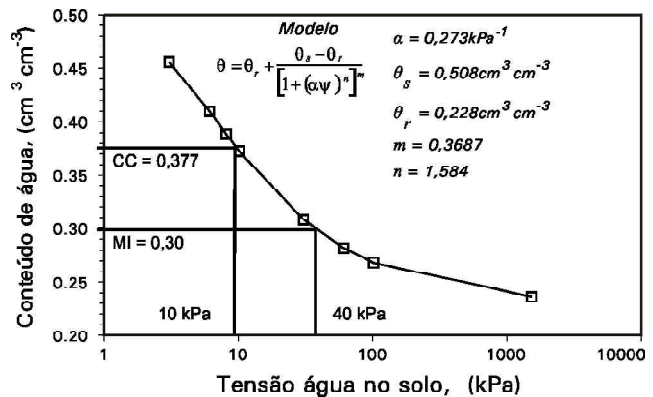


Fig. 8 Curva de retenção de água de Latossolo Vermelho distrófico, na camada de 0-30 cm de profundidade, ajustada pelo modelo de Van Genutchen.

O resultado da diferença entre a quantidade de água, em  $cm^3 cm^{-3}$ , retida na tensão equivalente à capacidade de campo (CC), 8 ou 10 kPa para a maioria dos solos da região do Cerrado, e a retida na tensão recomendada para reinício da irrigação (MI), no caso do trigo, 40 kPa, multiplicado pela espessura da camada de solo considerada (PC), em mm, representa a lâmina líquida. Para o trigo irrigado por pivô central, PC normalmente é igual a 300 mm.

Assim:

$$LL = (CC - MI) \times PC \dots \dots \dots (9)$$

As quantidades de água retidas nas tensões equivalentes a CC e a MI são obtidas por leitura direta na curva de retenção.

A lâmina bruta de irrigação (LB), em mm, é dada pela divisão da lâmina líquida pela eficiência de aplicação de água (Ea). No caso de pivô central, a Ea pode ser considerada igual ao CUD. Assim:

$$LB = LL/Ea = LL/CUD \dots\dots\dots (10)$$

Verificando a tabela de lâmina de água de irrigação, fornecida pelo fabricante do pivô, aplicada conforme a velocidade de deslocamento do pivô, estimada pela regulagem do percentímetro, o irrigante seleciona a regulagem que fornece a lâmina bruta calculada.

### Tensiômetro e tanque USWB Classe A

Neste método, o tensiômetro instalado a 15 cm de profundidade indica o momento de irrigar e a lâmina líquida de irrigação é igual a evapotranspiração da cultura, calculada pelas equações 1 e 2, entre uma irrigação e outra. A lâmina bruta é calculada pela equação 10.

### Tanque USWB Classe A e curva de retenção da água do solo

Neste método, a lâmina líquida de irrigação é fixada com base na diferença entre a quantidade de água na capacidade de campo e a quantidade de água existente na tensão recomendada para irrigar o trigo, multiplicada pela espessura da camada de solo considerada (Equação 9). Estes valores são obtidos por meio da curva de retenção de água do solo. A irrigação é realizada toda vez que a evapotranspiração acumulada, calculada pelas equações 1 e 2, atingir o valor desta lâmina. A lâmina bruta é calculada pela equação 10.

### Exemplos de Cálculo

#### Tensiômetro e curva de retenção da água do solo

Considerando a curva de retenção apresentada na Figura 8 como representativa de um perfil de 0-30 cm de profundidade de um solo sob SPD, observa-se que a quantidade de água na capacidade de campo, correspondente à tensão de 10 kPa, é igual a 0,377 cm³ cm⁻³ e a quantidade de água correspondente à tensão recomendada para irrigar o trigo, considerada aqui 40 kPa, é igual a 0,30 cm³ cm⁻³. Assim, para irrigar o perfil de solo de 30 cm será necessário, pela equação 9, aplicar uma lâmina líquida de irrigação igual a:

$$LL = (0,377 - 0,30) \times 300 = 21 \text{ mm}$$

Considerando a eficiência de aplicação de água igual a 0,83, pela equação 10 a lâmina bruta de irrigação será igual a:

$$LB = 21/0,83 = 25,3 \text{ mm}$$

Logo, toda vez que a média dos tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade atingir 40 kPa, deverá ser regulado o percentímetro do pivô central para uma velocidade de deslocamento que permita o fornecimento da lâmina de 25,3 mm.

### Tensiômetro e tanque USWB Classe A

Supondo que após seis dias de uma irrigação, correspondente ao período compreendido entre 45 e 50 dias após a emergência do trigo, cultivado com solo 100% coberto, a média dos tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade atingiu 40 kPa indicando que é o momento de irrigar, a lâmina líquida de irrigação a ser aplicada, calculada de acordo com as equações 1 e 2, é igual a 21 mm (Tabela 2). A lâmina bruta é calculada como no item 5.4.1.

**Tabela 2.** Exemplo de cálculo da lâmina líquida de irrigação.

DAE <sup>1</sup>	ECA <sup>2</sup> (mm)	V <sup>3</sup> (m/s)	UR <sup>4</sup> (%)	Kp <sup>5</sup>	ET <sub>o</sub> (mm)	Kc	ETc (mm)	ETc <sub>ac</sub> <sup>5</sup> (mm)
45	6,0	3,0	32	0,60	3,60	1,0	3,60	3,6
46	5,5	4,0	35	0,60	3,30	1,0	3,30	6,9
47	6,0	1,8	38	0,65	3,90	1,0	3,90	10,80
48	5,5	3,5	36	0,60	3,12	1,0	3,30	14,10
49	5,5	3,0	32	0,60	3,30	1,0	3,30	17,40
50	6,0	4,0	35	0,60	3,60	1,0	3,60	21,00

<sup>1</sup>Dias após a emergência; <sup>2</sup>evaporação do tanque; <sup>3</sup>velocidade do vento; <sup>4</sup>umidade relativa; <sup>5</sup>considerando uma bordadura de 10 m de grama; <sup>6</sup>Evapotranspiração máxima acumulada.

#### Tanque USWB Classe A e curva de retenção da água do solo

Utilizando-se este método, a lâmina líquida de irrigação é igual a 21,0 mm, calculada pela equação 9. A irrigação será realizada quando a evapotranspiração máxima acumulada, calculada pelas equações 1 e 2, atingir valores em torno de 21 mm. Pela Tabela 3 observa-se que isto ocorreu seis dias após a irrigação anterior, quando se utilizou valores de Kc do trigo para solo coberto 100% de sua superfície. Quando se usa o Kc referente ao solo sem cobertura a irrigação ocorre cinco dias após a anterior, mostrando o efeito da cobertura prevenindo a evaporação da água da superfície do solo.

**Tabela 3.** Exemplo de cálculo da lâmina de irrigação.

DAE <sup>1</sup>	ECA <sup>2</sup> (mm)	V <sup>3</sup> (m/s)	UR <sup>3</sup> (%)	Kp <sup>4</sup>	ET <sub>o</sub> (mm)	Kc 100%	Kc 0%	ETc (mm) 100%	ETc <sup>5</sup> (mm) 100%	ETc (mm) 0%	ETc <sup>5</sup> (mm) 0%	LL (mm) 100%	LL (mm) 0%
45	6,0	3,0	32	0,60	3,60	1,0	1,25	3,60	3,6	4,50	4,50		
46	5,5	4,0	35	0,60	3,30	1,0	1,25	3,30	6,9	4,12	8,62		
47	6,0	1,8	38	0,65	3,90	1,0	1,25	3,90	10,80	4,87	13,49		
48	5,5	3,5	36	0,60	3,12	1,0	1,25	3,30	14,10	3,90	17,39		
49	5,0	3,0	32	0,60	3,00	1,0	1,25	3,00	17,10	3,75	21,14		
50	6,3	4,0	35	0,60	3,78	1,0	1,25	3,78	20,90			21,00	21,00

<sup>1</sup> Dias após a emergência; <sup>2</sup>Evaporação do tanque; <sup>3</sup>Velocidade do vento; <sup>4</sup>Umidade relativa; <sup>5</sup>Considerando uma bordadura de 10 m de grama; <sup>6</sup>Evapotranspiração máxima acumulada.

## Referências Bibliográficas

- AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da; RESENDE, M.; GUERRA, A. F. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o Cerrado**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1983. 52 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 16).
- BACALTCHUK, B. Estratégias para a recuperação da triticultura nacional. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 11., 2002, Rio Verde. **Atas e resumos expandidos**. Rio Verde: FESURV, 2002. p. 12-16. (RVdocumentos, 4).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 596 p.
- BRIDI, S. **Análise de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por pivô central**. 1984. 87 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CÁNOVAS, A. D.; TRINDADE, M. G. **Densidade de trigo: uma questão de economia**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 2003. 4 p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 54).
- CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R.; MARIA, I. C. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.
- CHIEPPE JUNIOR, J. B. **Métodos de controle de irrigação na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob três tensões de água do solo**. 1998. 112 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª aproximação**. Goiânia: UFG: EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).
- CORRÊA, J. C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 11, p. 1317-1322, nov. 1985.
- DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U.; KRAUSE, R.; BLANKEN, J. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Estudio FAO. Riego y Drenaje, 33).
- FARIAS, G. S.; CASSOL, E. A.; MIELNICZUK, J. Efeito de sistemas de cultivo sobre a porosidade e retenção de água em um solo Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico (Paleudult). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 12, p. 1389-1393, dez. 1985.
- FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D.; MANNERING, J. V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 3, p. 329-333, set./dez. 1983.
- GUERRA, A. F. Manejo da irrigação do trigo para obtenção de máxima produtividade na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 4, p. 515-521, abr. 1995.
- HEERMANN, D. F.; HEIN, P. R. Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 11, n. 1, p. 11-15, Jan./Feb. 1968.
- HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: UFRGS, 1970. 231 p.
- INDICADORES DA AGROPECUÁRIA. Brasília, DF: CONAB, v. 15, n. 8, p. 1-64, ago. 2006.
- JOBIN, R. W. **Dams and disease: ecological design and health impacts of large dams, canals, and irrigation systems**. London: E. & F. N. Spon, 1999. 544 p.
- KELLER, J. Sprinkler irrigation. In: SOIL CONSERVATION SOCIETY. **National engineering handbook**. 2. ed. Washington, 1979. cap. 11.
- LAL, R. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 40, n. 2, p. 321-331, 1974.
- LORINI, I. Conservação de grãos armazenados. In: CUNHA, G. R.; BACALTCHUK, B. (Org.). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 404 p. (Série Culturas, 2).
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. e; SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPAP: EMBRAPA-SPI, 1996. 72 p.
- MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification and ecosystem properties. **Science**, Washington, v. 277, n. 5325, p. 504-509, July 1997.
- MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Alleviating soil acidity through plant organic compounds. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 44, n. 2, p. 185-189, 2001.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1979. 271 p.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation system evaluation and improvement**. Logan: Utah State University, 1973. 164 p.
- MOREIRA, J. A. A. **Estudo da tensão da água do solo para as culturas do feijão, milho e trigo, cultivados em plantio direto, visando a irrigação por aspersão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 6 p. (Embrapa. Programa Recursos Naturais. Subprojeto 01094337-18). Relatório de Andamento.
- MOREIRA, J. A. A.; SANTOS, A. B. dos; DINIZ, A. J. Relação massa/volume e retenção de água de um Latossolo Vermelho-Amarelo de Jussara, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. v. 3, p. 1746-1748.
- MOREIRA, M. A.; ANGULO FILHO, R.; RUDORFF, B. F. T. Eficiência do uso da radiação e índice de colheita em trigo submetido a estresse hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 597-603, jul./set. 1999.
- PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. Controle das doenças de trigo. In: CUNHA, G. R.; BACALTCHUK, B. (Org.). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 404 p. (Série Culturas, 2).
- PRADO, R. de M.; NATALE, W. Uso de grade aradora superpesada, pesada e arado de discos na incorporação de calcário em profundidade e na produção de milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 167-176, jan./abr. 2004.

REEVES, D. W. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPq, 1995. p. 127-130.

REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 13., 2004, Goiânia. **Informações técnicas para a cultura de trigo na região do Brasil Central: safras 2005 e 2006.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 82 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 173).

REYNOLDS, M. P.; TRETOWAN, R.; CROSSA, J.; VARGAS, M.; SAYRE, K. D. Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, n. 2/3, p. 139-160, May 2002.

ROMAN, E. S.; RODRIQUES, O. Manejo de plantas daninhas em trigo. In: CUNHA, G. R.; BACALTCHUK, B. (Org.). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Assembléia Legislativa; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 404 p. (Série Culturas, 2).

ROTH, C.; VIEIRA, M. J. Infiltração de água no solo. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v. 1, n. 3, p. 4, 1983.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 313-319, maio/ago. 1995.

SANTOS, H. P. dos. Interação entre sistemas de rotação de culturas, sistemas de manejo de solo e severidade doenças em trigo. In: CUNHA, G. R.; BACALTCHUK, B. (Org.). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Assembléia Legislativa; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 404 p. (Série Culturas, 2).

SANTOS, R. L. L.; CORRÊA, J. B. D.; ANDRADE, M. J. B.; MORAIS, A. R. Comportamento de cultivares de feijoeiro-comum em sistema convencional e plantio direto com diferentes palhadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 978-989, set./out. 2004.

SAYRE, K. D. Management of irrigated wheat. In: CURTIS, B. C.; RAJARAM, S.; GÓMEZ MACPHERSON, H. (Ed.). **Bread wheat: improvement and production.** Rome: FAO, 2002. p. 395-406.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 103-106, jan./abr. 1983.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S. R.; ROTH, C. H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 265-268, set./dez. 1984.

SILVA, E. M. da; PINTO, A. C. de O.; AZEVEDO, J. A. de. **Manejo de irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1976. 77 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 61).

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central.** Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 46 p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 27).

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, O. F. da; STONE, L. F.; SILVA, J. G. da. Efeitos do preparo do solo e de rotações de culturas sobre o rendimento e economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 2, p. 257-263, fev. 2001.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 4, p. 835-841, abr. 2000.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. A irrigação no plantio direto. **Direto no Cerrado**, Brasília, DF, v. 3, n. 8, p. 5-6, 1998.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 83-91, jan. 1999.

URCHEI, M. A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação.** 1996. 131 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VIEIRA, M. J. O preparo do solo e o comportamento da planta. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v. 1, n. 5, p. 4-5, 1984.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná.** Londrina, 1981. p. 19-32. (IAPAR. Circular, 23).

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1984.

WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 104 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 22).

### Circular Técnica, 78



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Arroz e Feijão**  
Rodovia GO 462 Km 12 Zona Rural  
Caixa Postal 179  
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
Fone: (62) 3533 2123  
Fax: (62) 3533 2100  
E-mail: sac@cnpaf.embrapa.br

1ª edição  
1ª impressão (2006): 1.000 exemplares

### Comitê de publicações

**Presidente:** Carlos Agustín Rava  
**Secretário-Executivo:** Luiz Roberto R. da Silva  
Alberto Baêta dos Santos  
Cléber Moraes Guimarães  
Pedro Luiz Oliveira Almeida Machado  
Pedro Marques da Silveira

### Expediente

**Supervisor editorial:** Marina A. Souza de Oliveira  
**Revisão de texto:** Vera Maira T. Silva  
**Normalização bibliográfica:** Ana Lúcia D. de Faria  
**Editoração eletrônica:** Fabiano Severino