



15216 - 1

Quimigação na Cultura do Milho

Introdução

A quimigação consiste em aplicar uma calda de agroquímicos (fertilizante, inseticida, fungicida, herbicida ou nematicida) por meio do sistema de irrigação. Quando se trata de produtos que atuam no solo, a aplicação, em princípio, pode ser feita por meio de qualquer método de irrigação: gravitacional, aspersão ou localizado. Porém, a aplicação de produtos com atividade foliar somente é viável nos sistemas de irrigação por aspersão: laterais portáteis (convencional), pivô central, rolão ou outros.

Uma vez que a calda estará misturada à água de irrigação, a uniformidade de aplicação do agroquímico praticamente se confunde com a da aplicação da água e, portanto, é necessário que essa uniformidade seja elevada, para que se obtenha uma boa uniformidade de aplicação do produto. Como a irrigação gravitacional (sulcos, bordas, bacias em nível etc.) normalmente requerem maior rigor no preparo do terreno e manejo para atingir boa uniformidade de distribuição, esse método tem sido pouco recomendado para a quimigação, ficando a mesma praticamente restrita aos métodos pressurizados (aspersão e irrigação localizada). No caso da cultura do milho, pelas suas características de densidade populacional, a irrigação localizada não é utilizada comercialmente.

Os sistemas pressurizados de irrigação vêm sendo cada vez mais utilizados nesse processo, devido ao movimento turbulento da água, que ajuda a manter o material químico uniformemente distribuído nas tubulações de condução. Essa característica dá a esses sistemas uma vantagem importante na obtenção de boa uniformidade de aplicação. Esses sistemas de irrigação podem ser usados para a aplicação de diversos produtos químicos, como fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas e até mesmo outros produtos não tradicionais, como bioinseticidas, tais como bactérias, fungos e vírus. No caso da irrigação pressurizada, a injeção é feita na tubulação principal ou lateral e o ponto de aplicação será o aspersor ou emissor.

A injeção dos produtos pode ser efetuada utilizando-se diferentes métodos e equipamentos, porém, independentemente do método adotado, a eficiência da quimigação depende do cálculo correto de variáveis como taxa de injeção, quantidade de produto a ser injetada, volume do tanque de injeção, dose do produto a ser aplicado na área, concentração do produto na água de irrigação, entre outros.

Além dos cálculos operacionais feitos corretamente, é necessário assegurar-se de que o sistema, tanto de irrigação quanto de injeção, está funcionando de acordo com os parâmetros para os quais está ajustado, ou seja, que a vazão calculada corresponde àquela efetiva no

Sete Lagoas, MG
Novembro, 2002

Autores

Paulo A. Viana
Eng.-Agr., Ph.D.
Entomologia
Embrapa Milho e Sorgo.
Caixa Postal 151.
35701-970 Sete Lagoas,
MG. E-mail:
pviana@cnpmembrapa.br

Ricardo A. L. Brito
Eng.-Agr., Ph.D.
Engenharia de Irrigação.
E-mail:
rbrito@cnpmembrapa.br

Nicésio F. J. A. Pinto
Eng.-Agr., Ph.D.
Fitopatologia. E-mail:
nicesio@cnpsmembrapa.br

Gilson V. E. Pitta
Eng.-Agr., Ph.D. Solos e
Nutrição de Plantas.
E-mail:
gpitta@cnpmembrapa.br

Décio Karam
Eng.-Agr., Ph.D. Manejo
de Plantas Daninhas. E-
mail:
karam@cnpmembrapa.br

sistema, ou que a taxa de injeção desejada estará realmente ocorrendo no campo. Portanto, tão importante quanto os cálculos operacionais, é também conferir periodicamente a calibração dos equipamentos.

A quimigação requer que os produtos usados estejam em solução, emulsão, ou que possam ser disponibilizados em forma líquida ou fluida. Portanto, se os materiais usados não forem originalmente fluidos, é necessário preparar a mistura líquida desejada, antes de proceder à injeção. Para tanto, é importante conhecer algumas características dos produtos, como solubilidade, conteúdo do elemento ou princípio ativo desejado, densidade e/ou concentração e limite de tolerância pelas culturas, entre outros.

Aplicação via aspersão com laterais portáteis (convencional)

O sistema de irrigação por laterais portáteis, também denominado convencional, caracteriza-se pela presença de uma ou mais linhas laterais, compostas de tubos que se acoplam mediante conexões de fácil manejo (engate rápido), contendo vários aspersores a intervalos iguais. Essas laterais são deslocadas manualmente, em períodos de tempo pré-estabelecidos, ocupando posições sucessivas, para promover a irrigação de uma faixa de terreno cuja área depende do comprimento da lateral, do alcance do jato dos aspersores e do número de posições ocupadas dentro do intervalo entre irrigações.

A injeção de produtos químicos na rede de irrigação pode ser feita utilizando-se vários métodos conhecidos (ver detalhes no livro "Quimigação", publicado pela Embrapa, em 1994). Pelo fato de o sistema permanecer estacionário durante a aplicação de água, é comum a utilização de depósitos hermeticamente fechados, constituídos de fibra de vidro ou de metal protegido contra a ação corrosiva dos agroquímicos. Nesse caso, o volume do depósito é função da área a ser

irrigada, do método de injeção e das condições de suprimento de água.

A escolha do equipamento para aplicação de agroquímico deve considerar diversos fatores, pois existe uma variação de características entre eles, que devem ser analisadas, tais como custo, mobilidade, forma de injeção, automação, capacidade do equipamento, volume e solubilidade ou mistura do produto.

Antes de se proceder ao cálculo das quantidades necessárias de produto para injeção, algumas informações prévias são necessárias. A quantidade do produto a ser aplicada, por hectare, depende da dose recomendada e é determinada a partir das análises laboratoriais ou do receituário agrônomo. A quantidade total do produto requerida pela cultura pode ser parcelada em diversas aplicações, conforme as exigências da mesma em cada estágio de desenvolvimento. O tipo e a concentração da calda a ser aplicada dependem das recomendações agrônomicas estabelecidas para a cultura e do manejo a ser usado na aplicação.

A área a ser irrigada e o tempo de aplicação requerido para cada posição da(s) linha(s) lateral(ais) são informações que devem estar disponíveis, para que se possa calcular as quantidades de produto/solução a injetar. O tempo é função da capacidade do sistema de irrigação, da capacidade de retenção de água no solo, do clima e da cultura.

Aplicação via pivô central

A quimigação tem sido uma prática amplamente usada em pivô central, graças à sua facilidade de automação e possibilidades de aplicação eficiente da água. O comprimento da lateral do sistema é bastante variado, dependendo da necessidade do produtor, das características topográficas e das dimensões da área a ser irrigada, variando de 60 m até aproximadamente 650 m, correspondendo a uma área irrigada de 1,31 a 133ha, respectivamente.

Os métodos de injeção empregados normalmente utilizam as bombas de deslocamento positivo, que se caracterizam por baixas vazões e altas pressões, ideais para aplicação de produtos químicos via pivô central.

A taxa de injeção de produtos químicos via pivô central deve ser constante durante a aplicação de uma determinada dose na área irrigada. Essa condição é necessária porque o equipamento opera com um deslocamento contínuo e uniforme para aplicação da lâmina de água requerida. Neste caso, os métodos de injeção em que a concentração do produto decresce com o tempo não podem ser empregados para quimigação em pivô central.

A taxa de injeção de determinado produto químico na lateral de um pivô depende da dose do produto a ser distribuída na área, da velocidade de deslocamento do equipamento, da área irrigada e da concentração do produto no tanque de injeção.

O equipamento de pivô central deve estar bem ajustado, para promover uma aplicação eficiente do produto químico injetado. Em geral, equipamentos com uniformidade de distribuição acima de 85% são considerados adequados para a quimigação.

Calibração

A produção agrícola bem sucedida requer conhecimento, planejamento e tecnologia. São usados diferentes tipos de equipamentos e técnicas de medição, produtos mais novos e melhores técnicas de aplicação. Ao se adotar a técnica da quimigação, deve-se ter em mente que uma calibração bem feita é essencial para a segurança do operador, segurança ambiental e para a economia do empreendimento. Erros de calibração podem resultar no desperdício de grandes somas em químicos, além do risco de contaminação que isso representa.

Para que a uniformidade de distribuição dos produtos químicos seja efetiva na área

irrigada, ela deve ser similar à uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação. O processo de calibração dos sistemas envolvidos na quimigação deve ser iniciado com a aferição do coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação empregado. Após esse procedimento, pode-se iniciar a calibração dos equipamentos de injeção dos produtos químicos e do sistema de irrigação.

O sistema de injeção é o equipamento usado para adicionar o químico à água de irrigação. As peças individuais incluem: bomba injetora, tubo de calibração, tanque-depósito com agitador e as conexões e tubulações associadas.

Conforme sugestões da Universidade de Nebraska (1996), para segurança e precisão na aplicação, deve-se ter sistemas diferentes de injeção para pesticidas e fertilizantes. Os sistemas são semelhantes, mas as capacidades são diferentes. Pesticidas geralmente são aplicados com bombas de diafragma de baixo volume, que podem ser ajustadas durante o bombeamento, portanto, agilizando o processo de calibração. Os tanques normalmente têm capacidade de 200 a 400 L. A taxa de injeção de pesticidas, em média, está em torno de 30 a 200 mL/min. Portanto, um tubo de calibração de 1000 mL é adequado. Em contraste, os fertilizantes são aplicados em quantidades relativamente grandes e tanques com capacidade de até 4000 L são comuns.

Geralmente os equipamentos vêm com recomendações dos fabricantes, com o objetivo de diminuir a margem de erros durante o processo de injeção. Entretanto, as possibilidades de aplicação de produtos químicos são muito variadas, em função das características dos produtos e dos sistemas de irrigação. Por isso, é de bom senso que, junto com as informações dos fabricantes, haja monitoramento dos sistemas de injeção, em intervalos regulares ou no começo de

cada operação, com o objetivo de assegurar a aplicação uniforme e segura do produto.

A calibração dos equipamentos de injeção é relativamente simples e direta, se um mínimo de material é colocado à disposição para esse procedimento. Nesse material, incluem-se basicamente um cilindro graduado com capacidade de até 20 litros, para coletar o efluente do sistema de injeção, um hidrômetro e um cronômetro.

Os passos requeridos para uma calibração acurada são (Universidade de Nebraska, 1996):

- determinação da área a ser tratada;
- cálculo da quantidade de químico necessária;
- determinação do tempo de aplicação (ou de revolução, no caso de pivô central);
- cálculo da taxa de injeção;
- conversão da taxa de injeção para as unidades de calibração.

A calibração consiste essencialmente no ajuste da taxa de injeção de solução ou calda do produto químico pela bomba, para injetar a quantidade correta do produto. Pequenos erros na entrada de químicos podem causar taxas mais altas ou mais baixas de aplicação e pode-se obter resultados insatisfatórios.

Dentre os vários tipos de equipamento de injeção, os sistemas baseados no venturi e as bombas injetoras de pistão e diafragma são os mais usados na injeção de fertilizantes nitrogenados. O processo de calibração, quando se usa venturi, é feito determinando-se a vazão derivada, que é uma parte da vazão total, da tubulação de irrigação, que passa pelo tanque de solução e retorna à tubulação, em um ponto a jusante. A determinação dessa vazão é feita instalando-se um hidrômetro na mangueira que conecta o venturi ao tanque de produto. Através desse hidrômetro, a vazão derivada é ajustada, mediante abertura ou fechamento do registro, à taxa de aplicação requerida para assegurar a aplicação da dose correta do produto.

As bombas de diafragma devem ser calibradas com o sistema de irrigação e o tanque de solução em operação. Entre a linha de irrigação e a bomba injetora deve ser instalada uma válvula reguladora, ajustada à pressão de funcionamento do sistema de irrigação no local onde vai ser injetado o produto. Por exemplo, se o sistema trabalha com 7 kPa, a válvula reguladora deve ser ajustada a essa pressão. Feito isso, a bomba injetora é calibrada coletando-se no cilindro graduado a vazão de saída do efluente na unidade de tempo. Devem-se fazer várias leituras e utilizar o valor médio. A taxa de injeção da bomba é regulada através de um micrômetro e deve ser ajustada à taxa de aplicação do produto, determinada previamente.

Em seguida, são apresentados procedimentos de calibração para sistemas de irrigação por laterais portáteis e pivô central:

1. Sistema de aspersão por laterais portáteis (convencional)

a) Determinar a área irrigada por uma linha lateral (Al). Multiplicar o espaçamento entre laterais ao longo da linha principal pelo comprimento da lateral. Se mais de uma linha lateral funciona simultaneamente, multiplicar também pelo número de laterais.

Exemplo:

Al = 6 laterais com 240 m de comprimento cada, espaçadas entre si 6 m.

$$Al = (240\text{m} \times 6\text{m} \times 6) / (10.000\text{m}^2/\text{ha}) = 0,86 \text{ ha}$$

b) Determinar a quantidade necessária do produto químico por hectare (especificação do produto)

Exemplo:

Dose recomendada de 4 L/ha.

c) Determinar a quantidade total de produto químico necessária (QT), multiplicando-se a área irrigada pela quantidade do produto por hectare:

$$QT = 0,86 \text{ ha} \times 4 \text{ L/ha} = 3,44 \text{ L do produto.}$$

d) Determinar a quantidade de água a ser aplicada (QA) durante a irrigação de uma lateral (calculada na elaboração do projeto de irrigação).

Exemplo:

QA = 28 mm de água devem ser aplicados na irrigação de uma lateral.

e) Determinar a taxa de aplicação de água (TAA) do sistema de irrigação (obtida de tabelas, em função das características do aspersor em uso).

Exemplo:

De acordo com a tabela de aspersores, TAA = 7mm/h.

f) Determinar o tempo de irrigação (TI), dividindo-se QA (item d) pela TAA (item e):

$TI = QA/TAA = (28 \text{ mm}) / (7\text{mm/h}) = 4 \text{ h}$ de irrigação.

Recomenda-se que alguns produtos, como herbicidas, sejam aplicados durante a primeira metade do tempo de irrigação, ou durante as primeiras duas horas.

g) Encher parcialmente o tanque com água, deixando espaço suficiente para a adição do produto químico. Acionar o agitador do tanque e adicionar o produto.

h) Determinar a taxa de injeção(TIJ), dividindo o total de litros no tanque (item g) pelo TI, em horas, requerido para aplicar o produto (item f):

$TIJ = 50 \text{ L}/2 \text{ h} = 25 \text{ L/h}$.

i) Ajustar a taxa de injeção da bomba para 25 L/h, para assegurar a aplicação correta do produto químico.

j) Se o produto for aplicado no final do tempo de irrigação, deixar o sistema de irrigação em funcionamento por pelo menos cinco minutos após o completo esgotamento do tanque, para assegurar que a solução foi completamente removida do sistema.

2. Pivô central

a) Determinar a área irrigada pelo pivô central (A). O cálculo é:

$$A = \frac{\pi r^2}{10000}$$

em que A é área irrigada (ha) e r é o raio máximo molhado (m).

Exemplo:

Se r = 280 m

$$A = \pi \frac{(280 \times 280)}{10000} \cong 24,6 \text{ ha}$$

b) Determinar a quantidade total de produto químico a ser aplicada (QTP), em volume, multiplicando-se a área irrigada pela quantidade de produto por hectare.

Exemplo:

Supondo-se uma dose recomendada para o produto de 3 L/ha, tem-se:

$QTP = 24,6 \text{ ha} \times 3 \text{ L/ha} = 73,8 \text{ L}$ do produto, a serem injetados.

c) Encher parcialmente o tanque de solução com água e deixar espaço suficiente para a adição do produto químico. Acionar o agitador do tanque e adicionar o produto.

d) Determinar a velocidade de deslocamento do pivô central (VDP). A velocidade rotacional do pivô é dada geralmente em metros por minuto.

Exemplo:

Distância percorrida em 10 minutos = 200 metros.

$$VDP = \frac{200}{10} = 2 \text{ m/min}$$

e) Determinar o tempo de uma revolução completa do pivô central (TRC). A circunferência e a velocidade rotacional do pivô são necessárias nesse cálculo. A circunferência (C) é calculada pela fórmula:

$$C = 2 \cdot \pi \cdot r$$

onde r é o raio medido do centro até a última torre do pivô (m).

Exemplo:

Raio do pivô = 250 metros

$$C = 2 \times \pi \times 250 = 1.570,8 \text{ m}$$

O tempo de revolução é calculado dividindo-se a circunferência pela VDP:

$$\text{TRC} = C / \text{VDP} = \frac{1570,8\text{m}}{2\text{m/min}} = 785,4 \text{ min} = 13,1 \text{ h por revolução}$$

f) Determinar a taxa de aplicação/injeção do produto (TIJ), que é obtida dividindo-se o volume total de mistura no tanque necessário para a quimigação pelo tempo de revolução do pivô (TRC).

Exemplo: supondo o volume do tanque de 200 L.

$$\text{TIJ} = 200 \text{ L de solução} / 13,1 \text{ h} \approx 15,3 \text{ L/h}$$

g) Ajustar a taxa de injeção da bomba injetora para 15,3 L/h, para assegurar a correta aplicação do produto.

h) Deixar o pivô central em operação por pelo menos cinco minutos após o término da injeção, para assegurar que a solução foi completamente removida do sistema de irrigação

Herbigação

A aplicação de herbicidas via água de irrigação, conhecida como herbigação, teve seus primeiros relatos nos anos 60, aumentado seu uso com o aumento da área irrigada. No Brasil, sua utilização ainda é pouco expressiva; contudo, a procura por informações sobre a utilização dessa tecnologia vem aumentando substancialmente. Embora a herbigação apresente como vantagens a redução do custo de aplicação, a redução do consumo de energia, a possibilidade de redução da mão-de-obra, o aumento da atividade do herbicida, uma maior uniformidade de aplicação e a maior compatibilidade com o sistema de plantio direto, por não haver trânsito de máquinas na época de controle das plantas daninhas e a garantia de aplicação na hora certa, a aplicação principalmente via pivô central pode ocasionar riscos de contaminação ambiental e

aumento do tempo de aplicação. Esse método, além de requerer maior conhecimento técnico, necessita equipamentos adicionais, principalmente válvulas de segurança, para evitar a contaminação da fonte de água pelo refluxo de calda.

Fatores que afetam o comportamento dos herbicidas:

1. Propriedades físico-químicas dos herbicidas

É importante o conhecimento das características físico-químicas dos herbicidas, pois estas interferem diretamente no seu comportamento. A solubilidade em água (S_w), que determina a capacidade do produto em se misturar com a água, formando uma solução, indica a disponibilidade do herbicida para os processos físico-químicos de absorção pelas raízes, adsorção nas partículas do solo, biodegradação, lixiviação e volatilização. A pressão de vapor (C_v), que determina a tendência de uma substância química de passar da fase líquida para a fase gasosa, indica a volatilidade do herbicida. O coeficiente de repartição carbono orgânico-água (K_{oc}), que determina a adsorção do herbicida à matéria orgânica do solo, ou especificamente à fração de carbono orgânico do solo, representa a tendência do produto em sair da fase líquida e se fixar na parte sólida do solo. Com o valor do K_{oc} , através de equação $K_d = (K_{oc} \times \%CO) / 100$, estima-se o coeficiente de adsorção (K_d). Outra característica físico-química importante é a meia-vida ($T_{1/2}$) do herbicida no solo. Essa característica representa a persistência do herbicida no solo, ou seja, o tempo em que a degradação do produto reduz sua concentração à metade.

A interpretação dessas características é feita de acordo com os valores de cada herbicida. Valores dessas características para alguns herbicidas utilizados na cultura do milho são apresentados na Tabela 1. Quanto maior for o valor da solubilidade, geralmente expresso em partes por milhão (ppm), maior será a

solubilidade em água; portanto, maior a disponibilidade do produto e, conseqüentemente, maior a eficiência no controle das plantas daninhas. Quanto menor for o valor da pressão de vapor, geralmente expresso em milímetro (mm) de mercúrio (Hg), maior será a tendência de o produto volatilizar; portanto, menor será a quantidade de produto disponível e, conseqüentemente, menor a eficiência no controle de plantas daninhas. Quanto maior for o valor do coeficiente de adsorção de um herbicida, menor será sua disponibilidade e, conseqüentemente, menor será sua eficiência no controle de plantas daninhas. Quanto maior o tempo do herbicida no solo, maiores serão as chances de contaminação do meio ambiente por esse produto, podendo o mesmo apresentar riscos para as culturas em sucessão.

Tabela 1. Características físico-químicas de herbicidas utilizados para o controle químico de plantas daninhas na cultura do milho.

Nome comum	S _v (ppm entre 10°C e 25°C)	C _v (mm Hg a 25°C)	K _{oc} (ml/g de solo)	Persistência (dias)	T _{1/2}
acetochlor	223	3,4 x 10 ¹		66-84	
alachlor	242	1,6 x 10 ¹	124	42-70	21
ametryne	185 200*	8,4 x 10 ¹ (20°C) 2,7 x 10 ¹	30 300*	90-180	60*
amônio glufosinato		0,35 x 10 ¹ (20°C)	100	7-20	7
atrazine	33	2,9 x 10 ¹	100	150-210	60
bentazon	2.300.000	< 0,1 x 10 ¹ (20°C)	34	14-35	
cymazine	171	1,6 x 10 ¹ (20°C)	190	60-90	12-15 14
2,4 D	600 785 amina*	3,0 x 10 ⁻¹ (30°C) ester 5,5 x 10 ⁻¹ (30°C) amina 1,4 x 10 ⁻¹ amina*	20	28	10*
dimethenamid	1388	2,76 x 10 ¹			18 < 35-42 47
glyphosate	15.700 (ácido) 900.000 (sal)	1,84 x 10 ¹ (45°C)	24.000	30-90	
imazapic	2150	< 1,0 x 10 ¹			180
imazapyr	11.272	< 10 ¹ (45°C)		90-180	25- 142
isoxaflutole	6	7,5 x 10 ⁻⁹			20-38
linuron	75	1,7 x 10 ⁻⁵ (20°C)	400		60- 150
metolachlor	488	1,3 x 10 ¹ (20°C) 3,1 x 10 ¹ **	200	15-50	30-50
nicosulfuron	300 (pH 5) 12.200 (pH 6,85)	1,2 x 10 ⁻¹⁵	30	30-60	
paraquat	Totalmente solúvel	< 10 ¹ (20°C)	1.000.000	0	
pendimethalin	0,3	3,0 x 10 ¹ 9,4 x 10 ¹	17.200		90- 180
simazine	3,5 6,2*	6,1 x 10 ¹ (20°C) 2,2 x 10 ¹	130	150-210	60*
trifluralin	0,3	1,1 x 10 ¹	7.000	180	45- 120*

S_v - solubilidade em água; C_v - pressão de vapor; K_{oc} - coeficiente de repartição carbono orgânico-água; T_{1/2} - meia vida; GUS - escore de contaminação do lençol freático

Alguns modelos matemáticos têm sido utilizados para verificar a probabilidade de contaminação de um composto químico contaminar o lençol freático. Dentre esses modelos, o escore de contaminação do lençol freático, oriundo da expressão inglesa "Groundwater Ubiquity Score" (GUS), que depende da meia-vida do produto e do coeficiente de reparti-

ção carbono orgânico-água, tem sido bastante utilizado.

$$GUS = \log (T_{1/2}) \times (4 - \log (K_{oc}))$$

De acordo com esse escore, podem-se comparar herbicidas e verificar qual apresentará maior probabilidade de contaminação do lençol freático. Herbicidas que apresentarem valores (GUS) abaixo de 1,8 apresentam baixo risco de contaminação do lençol freático, por apresentarem uma meia-vida no solo muito curta ou uma adsorção na fase sólida do solo muito alta (imóveis). Entretanto, esses herbicidas apresentam maior risco de contaminação de águas superficiais. Por outro lado, herbicidas que apresentam valores de GUS acima de 2,8 representam alto risco de contaminar águas subterrâneas e baixo risco de contaminação de águas superficiais.

2. Fatores ambientais

Dentre os fatores ambientais que podem interferir na eficiência de um herbicida, aplicado via água de irrigação, podem-se listar:

- 1) a qualidade da água - que pode indisponibilizar o herbicida, devido à presença de partículas de argila ou matéria orgânica;
- 2) temperatura - a eficiência dos herbicidas é aumentada em altas temperaturas; entretanto, essas temperaturas promovem um aumento da possibilidade de volatilização e um menor contato do produto com a folha, em aplicações pós-emergentes;
- 3) umidade relativa do ar - altas umidades relativas do ar geralmente diminuem o estresse hídrico das plantas, atrasam a secagem do produto aplicado e favorecem a abertura dos estômatos, aumentando a penetração dos herbicidas nas plantas;
- 4) umidade do solo - na aplicação de herbicidas de pré-emergência, a umidade do solo é importante, por estar associada à disponibilidade de

- água na qual o produto ficará disponível;
- 5) matéria orgânica - muitos herbicidas de pré-emergência apresentam recomendação de doses diferenciadas em função do teor de argila e matéria orgânica do solo, devido à capacidade do herbicida em adsorver nessas partículas;
 - 6) vento - derivas podem ser observadas em função de ventos fortes, diminuindo a quantidade desejada na aplicação e contaminando áreas não-alvo.

3. Sistema de injeção e lâmina de aplicação

A capacidade e a calibragem da bomba injetora são fatores importantes na aplicação correta do herbicida. A capacidade da bomba precisa ser compatível com o sistema de irrigação e seus usos e a calibragem da injeção tem de estar de acordo com a calibragem da irrigação. Herbicidas são geralmente injetados a baixo volume, para diminuir o reabastecimento do tanque de solução e, muitas vezes, a bomba trabalha abaixo de 40% da sua capacidade especificada. O ideal é que a bomba seja operada entre 40% e 100% de sua capacidade, para maior precisão na injeção.

A maioria dos herbicidas de ação no solo pode ser aplicada com uma lâmina de água que varia de 5mm a 25mm. A lâmina deve ser apropriada para as condições locais de solo e para o herbicida que se pretende aplicar. Deve-se evitar também que a velocidade de irrigação seja maior do que a capacidade de drenagem do solo, para não ocorrer escorrimento superficial.

A lâmina de água é mais importante quando a aplicação é feita com um herbicida de ação pós-emergente. Em pulverizações convencionais, vazões acima de 900l/ha causam escorrimento foliar. Uma lâmina de 4 mm significa uma vazão de 40.000 l/ha, o que implica escorrimento muito maior. Resultados

experimentais indicam, entretanto, que a aplicação em pós-emergência pode ser viável para alguns herbicidas.

Antes de qualquer utilização de um herbicida via água de irrigação ou sistema convencional, consultar um engenheiro agrônomo, para determinação da viabilidade e recomendação dos produtos mais adequados para o sistema de aplicação a ser utilizado, de acordo com a legislação vigente.

Fertigação

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação tem sido denominada fertigação ou fertirrigação. Geralmente, a fertigação é usada em complemento à adubação convencional de plantio e de cobertura, principalmente quando os nutrientes são fornecidos em quantidades suficientes para os estádios iniciais da planta. As técnicas agrônomicas associadas ao uso econômico de insumos na produção de grãos ou massa têm sido, juntamente com as técnicas de irrigação, objeto de estudos em diferentes regiões brasileiras.

A aplicação de fertilizantes via água é uma prática que não depende diretamente do tipo de solo, porém pode ser limitada por algumas propriedades físicas, como a textura, e também algumas propriedades químicas, como a CTC e o pH.

A fertigação é uma prática perfeitamente adaptável a diferentes métodos de irrigação, tanto localizada como por aspersão. Nesses sistemas, há uma melhor distribuição dos fertilizantes, pelo fato de a água estar sob pressão. A qualidade e a distribuição da água, bem como a mobilidade dos nutrientes, pode variar em função do sistema usado, comprometendo, por conseguinte, a eficácia desse método

Os fertilizantes normalmente usados nessa prática devem ser solúveis em água e, ao atingirem as folhas e o solo, não devem impedir que a absorção de nutrientes pelas raízes das plantas predomine largamente sobre a absorção pelas folhas.

Nitrogênio

Devido à sua elevada mobilidade no solo e à grande exigência pelas plantas, o nitrogênio tem sido o elemento mais freqüentemente usado através da água de irrigação.

Cerca de 85% do nitrogênio total localizado na camada superficial do solo está na forma orgânica, sujeito, portanto à mineralização através de processos microbiológicos específicos. Inicialmente, é convertido em amônio (N-NH₄), seguindo-se a forma de nitrito (N-NO₂) e, finalmente, a forma de nitrato (N-NO₃), através do processo de nitrificação. Esta última é a forma preferencialmente absorvida pela plantas.

A uréia, forma orgânica do nitrogênio mais comumente usada como fertilizante, tanto em condições irrigadas como de sequeiro, no solo e pela ação da enzima urease, é hidrolisada a N-NH₄. Esta forma no solo é adsorvida, tornando-se muito pouco móvel, contrastando com a forma de nitrato (N-NO₃), que é altamente móvel.

O nitrogênio é um dos elementos que mais limitam a produção. Em solos de textura média a argilosa, não foi observado efeito do parcelamento nem do método de aplicação do nitrogênio sobre a concentração, a exportação do nitrogênio para os grãos e a produtividade do milho, quando comparados com uma única aplicação realizada cerca de 40 dias após a emergência das plantas. Dados experimentais mostram que as maiores produções de milho foram obtidas com duas aplicações de nitrogênio, sendo a primeira no início do crescimento vegetativo e a segunda entre 15 e 20 dias após a primeira, aproximadamente 10 dias antes do florescimento.

Os solos de textura arenosa requerem manejo diferenciado. No Brasil, as informações são escassas e não muito conclusivas; todavia, seu parcelamento tem sido recomendado em duas condições básicas: 1) quando a quantidade recomendada for superior a 120 kg N/ha e inferior a 200 kg N/ha.; 2) em regiões de

elevada e intensa precipitação pluviométrica. Um único parcelamento é também recomendado em solos de textura média a argilosa, quando a quantidade de N recomendada for maior que 60 e menor que 100 kg N/ha.

No caso da cultura do milho, as quantidades recomendadas de nitrogênio e o número de parcelamentos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Aplicação parcelada do nitrogênio na cultura do milho.

Classe textural do solo	Doses de N a aplicar (kg/ha)	Número de folhas completamente desenvolvidas			
		4 a 6	7 a 8	8 a 10	10 a 12
% do N a ser aplicada					
Argiloso (36 a 60% argila)	60 a 100		100		
	>100	50		50	
Média (15 a 35% argila)	60 a 100		100		
	>100	50		50	
Arenosa (< 15% argila)	60 a 100	50		50	
	>100	40		40	20

Fonte: Coelho et al. (1991)

Na planta, os teores de nitrogênio são variáveis e dependem de inúmeros fatores. Através da análise química do tecido vegetal, identificam-se os valores suficientes de cada elemento.

Na Tabela 3, são apresentados os valores considerados suficientes para o nitrogênio, o fósforo e o potássio, em diferentes partes da planta de milho.

Tabela 3. Teores mínimos adequados (em %) de nitrogênio, fósforo e potássio em diferentes partes da planta de milho.

Elementos	Folha	Planta inteira	Parte colhida
N	3,00	1,10	2,30
P	0,22	1,10	2,30
K	2,00	1,16	0,70

Adaptado de Rajj(1991)

Devido à alta mobilidade do nitrogênio, as plantas deficientes tornam-se amareladas e com crescimento reduzido. A clorose inicia-se nas folhas mais velhas e as mais novas permanecem verdes

Na água de irrigação, a uréia movimenta-se moderadamente, quando comparada aos íons nitrato (N-NO₃), os mais móveis. Os fertilizantes nitrogenados, principalmente na forma amídica (uréia), podem, em algumas circuns-

tâncias, elevar o pH da água (o pH ideal recomendado na fertigação deve estar entre 5,5 e 6,0), favorecendo a precipitação de cálcio e de magnésio, elementos muito comuns na maioria das águas usadas na agricultura. Essa precipitação ocasiona o entupimento dos emissores. Uma prática recomendada após a aplicação do nitrogênio e outros produtos via água, para evitar o desenvolvimento de microorganismos que podem também vir a entupir os emissores, deve deixar funcionando o sistema por cerca de 10 a 30 minutos. Os fertilizantes nitrogenados contendo amônia livre (NH_3) não devem ser usados na fertigação por aspersão, pois podem perder por volatilização aproximadamente 50% do elemento, além de causar danos às folhas das plantas

Fósforo

Nos solos brasileiros, esse elemento é um dos principais fatores limitantes. No solo, combina-se com outros elementos, como o ferro, o alumínio, o cálcio, e a matéria orgânica, diminuindo sua disponibilidade para as plantas. Devido à sua baixa mobilidade no solo, quando aplicado via água, pode permanecer retido nos primeiros centímetros, formando uma "zona de concentração" na camada superficial. Por outro lado, pela sua baixa solubilidade nos fertilizantes, outros impedimentos de ordem física no ato da aplicação (por exemplo, o entupimento dos aspersores), a fertigação com o fósforo não é uma prática recomendada, ficando a aplicação desse nutriente restrita à adubação de plantio.

O fósforo é absorvido pelas plantas na forma iônica $-\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ e participa de um grande número de processos metabólicos, sendo importante nos processos que envolvem transferência de energia. Devido à sua alta mobilidade dentro da planta, os sintomas aparecem nas folhas mais velhas, na forma de uma coloração avermelhada; devido ao aumento da antocianina. Os teores adequados de fósforo na planta de milho são apresentados na Tabela 3.

Potássio

Depois do fósforo, o potássio é o fertilizante mais consumido na agricultura brasileira. Os íons de potássio chegam à superfície das raízes, preferencialmente, por difusão, à semelhança do fósforo. A aplicação do potássio com o nitrogênio via água de irrigação já é prática bastante utilizada na agricultura irrigada. No parcelamento do potássio, prática comum, devem ser levados em consideração fatores como as perdas por lixiviação, devido à sua mobilidade e à textura do solo, principalmente aqueles de textura arenosa a média.

O íon potássio é absorvido pelas plantas na forma K^{+1} . Na Tabela 3, estão os valores adequados de K na planta de milho. A deficiência de potássio não aparece inicialmente; por isso, é comumente chamada de "fome oculta". Apenas nas fases mais avançadas é que os sintomas característicos aparecem. Com menor solubilidade que a dos fertilizantes nitrogenados, não têm havido problemas no uso do potássio via água de irrigação. A fonte mais comumente utilizada é o cloreto de potássio, porquanto o sulfato de potássio, além de apresentar menor solubilidade que a do cloreto, pode formar sulfato de cálcio quando a água de irrigação for rica em cálcio. Em culturas anuais, como o milho, parte do fertilizante deve ser aplicada no plantio e o restante parcelado, via água ou não, em uma ou duas aplicações, levando em consideração o solo, o regime de chuvas e a quantidade de fertilizante.

Cálcio, Magnésio e Enxofre

A principal forma de absorção do cálcio e do magnésio pelas plantas é a de cátions divalentes (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e a do enxofre como ânion sulfato (SO_4^{-2}). O cálcio é um elemento não móvel na planta. É também muito difícil o aparecimento de deficiência em condições de campo. Por outro lado, em situações de deficiência de magnésio, nutriente bastante móvel na planta, há formação de clorose internerval.

A deficiência de enxofre caracteriza-se pela presença, nas plantas, de clorose generalizada, o que a distingue da deficiência de nitrogênio, pois o enxofre não transloca das folhas mais velhas para as mais novas, como no caso do nitrogênio. Quando houver necessidade de suplementação de magnésio e de enxofre, é recomendada a utilização do sulfato de magnésio ou do sulfato duplo de magnésio e potássio via água. Em situações em que seja necessária a suplementação de nitrogênio e enxofre, sugere-se o uso de sulfato de amônio, que contém cerca de 24% de enxofre.

Micronutrientes

Em razão da baixa exigência pela maioria das culturas, nove elementos são considerados essenciais: boro, cloro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel e zinco. A solubilidade dos elementos é grandemente influenciada pelo pH, pelas condições de óxido-redução, pela matéria orgânica e pela presença de outros íons na solução. No solo, apenas o cloro e o boro apresentam alta mobilidade. O molibdênio, quando comparado com os outros micronutrientes, é o único cuja disponibilidade aumenta com a elevação do pH, razão pelo qual a sua deficiência é mais comum em solos ácidos e com textura mais leve.

As exigências nutricionais do milho pelos micronutrientes, para a produção de uma tonelada de biomassa, expressas em gramas, são: boro(13), cobre(29), ferro(292) manganês(119), molibdênio(0,63) e zinco(85).

Os elementos Zn, Mn, Fe, e Mo apresentam média mobilidade dentro da planta e suas deficiências aparecem nas folhas mais novas. O B é imóvel porquanto o Cu é altamente móvel e, em ambos os casos, os sintomas também aparecem nas folhas mais novas.

Fertilizantes e Fertigação

No mercado brasileiro de fertilizantes fluidos ou líquidos, os adubos encontram-se na

forma de soluções claras, soluções coloidais ou misturas em suspensão, Os fertilizantes fluidos são simples ou complexos, apresentando como características principais a manipulação, a armazenagem e o transporte. Como exemplo, pode ser citada a solução nitrogenada oriunda da mistura do nitrato de amônio com a uréia, formando uma solução clara e homogênea. Essas soluções podem ser usadas na fertigação em qualquer sistema, quais sejam, aspersão, sulco ou gotejamento. Quando se recomenda o uso de mais de um fertilizante, a compatibilidade entre eles torna-se um aspecto importante, evitando-se, com isto, a formação de precipitados. Na Tabela 4, são apresentadas a solubilidade e a composição média de alguns fertilizantes mais comumente usados na fertigação e outras características de importância a serem consideradas.

Tabela 4. Solubilidade e composição média de alguns fertilizantes usados na fertigação.

Nutriente	Composição média em nutrientes(%)				Solubilidade ¹	Índice Salino	CaCO ₃ ²
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Outros			
Macro							
NH ₄ NO ₃	32,0	-	-	-	1180	105	60
(NH ₄) ₂ SO ₄	20,5	-	24,0 S	-	770	89	110
Ca(NO ₃) ₂	14,0	-	28,0 Ca	-	102 (*)	61	Básico
DAP	17,0	40,0	-	-	43 (*)	34	88
MAP	11,0	44,0	-	-	23 (*)	30	60
KCl	-	-	60,0	48,0 Cl	34 (*)	115	-
KNO ₃	14,0	-	44,0	-	370	31	Básico
K ₂ SO ₄	-	-	52,0	17 S	120	46	-
Mg(NO ₃) ₂	19,0	-	-	16,0 Mg	-	-	-
NaNO ₃	73,0	-	-	27,0 Na	73 (*)	100	Básico
Uréia	46,0	-	-	-	1200	75	71
H ₂ PO ₄	-	46,0	-	-	-	-	-
MgSO ₄	-	-	-	17,0 Mg	71 (*)	-	-
Micro							
CuSO ₄ .5H ₂ O	-	-	-	25,0 Cu	22 (*)	-	-
MnSO ₄ .4H ₂ O	-	-	-	28,0 Mn	105 (*)	-	-
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	-	-	-	39,0 Mo	56 (*)	-	-
(NH ₄) ₂ MoO ₄	-	-	-	49,0 Mo	40 (*)	-	-
ZnSO ₄ .7H ₂ O	-	-	-	22,0 Zn	75 (*)	-	-
H ₂ BO ₃	-	-	-	16,0 B	8 (*)	-	-

Fonte: Adaptado de Vitri et al. (1994)
¹ Solubilidade a 25 ° C (g/l)

Na década de 1990, trabalhos de pesquisa foram realizados visando comparar a tecnologia e a eficiência dos fertilizantes fluidos com os fertilizantes sólidos tradicionalmente usados na agricultura. A maior aquisição de dados foi relativa aos fertilizantes nitrogenados. Por outro lado, a relativa

igualdade entre os dois tipos de fertilizantes não causa surpresa, pois ambos são produzidos, na maioria das vezes, com as mesmas matérias-primas. Por exemplo, a suspensão chamada "Uran" contém uréia e nitrato de amônio, que são dois fertilizantes sólidos. Da mesma forma, a solução 8-24-00 é um fosfato de amônio, como é o DAP e o MAP.

Com a evolução tecnológica da fertigaçã, algumas vantagens da utilização dos fertilizantes fluidos sobre os sólidos têm sido observadas, como economia de mão-de-obra, armazenamento, compatibilidade, uniformidade, velocidade de aplicação e versatilidade na produção de formulações comerciais. Finalmente, as pesquisas em fertigaçã devem também direcionar seus trabalhos no monitoramento do uso dessa prática e seus efeitos no meio ambiente, seus aspectos na dinâmica da movimentação dos elementos no perfil solo e nas características químicas que estão diretamente envolvidas. A interação e complementaridade entre os fertilizantes sólidos e fluidos irão sempre existir, um não substituirá o outro totalmente.

Insetigaçã

A insetigaçã é definida como a aplicaçã de inseticidas via irrigaçã. O método mais utilizado para a aplicaçã dos inseticidas é através do sistema de irrigaçã por aspersã. A técnica iniciou-se na América do Norte, na década de 60, visando o controle de pragas foliares, e os primeiros inseticidas empregados com eficiência foram o azinphos methyl e o carbaryl. No Brasil, a insetigaçã começou a ser utilizada na década de 80, havendo grande escassez de informações técnicas para as nossas condiçães.

A cultura do milho é atacada por uma série de insetos. Informações sobre a descriçã, biologia e reconhecimento dos principais insetos-praga dessa cultura podem ser encontradas em Cruz et al. (1997) e Viana (2000). A literatura mostra que a insetigaçã tem sido intensivamente empregada para o controle de várias espécies de pragas do

milho. O emprego dessa técnica tem sido pesquisado na Embrapa Milho e Sorgo, para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea*, lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus* e larva-alfinete, *Diabrotica speciosa*. Os resultados indicam que essas pragas podem ser controladas empregando os inseticidas aplicados via água de irrigaçã por aspersã mostrados no Tabela 5.

Tabela 5. Inseticidas com melhor desempenho no controle de insetos-pragas de milho, aplicados via irrigaçã por aspersã. Embrapa Milho e Sorgo, 2002.

Insetos-praga	Inseticida (i.a.)	Dose (i.a./ha)	Lâmina de água (mm)
Lagarta-do-cartucho	chlorpyrifos	288	6 mm
	fenvalerate	200	
	carbaryl	1105	
	diazinon	480	
	lambda-cyhalothrin	10	
	spinosad	48	
Lagarta-elasma	chlorpyrifos	480	10 mm
Larva-alfinete	chlorpyrifos	480	10 mm
	imidacloprid	140	
Lagarta-da-espiga	cyfluthrin	15	10 mm
	fenitrothion	750	

O emprego da insetigaçã para o controle da lagarta-do-cartucho é favorecido pela arquitetura da planta de milho, que apresenta o formato de um cálice, facilitando a deposiçã da calda do inseticida no interior do cartucho da planta, onde se localiza a lagarta. Para o controle dessa praga, pode-se optar pelo emprego de inseticidas organofosforados (chlorpyrifos e diazinon), carbamato (carbaryl), piretróides (fenvalerate e lambda-cyhalothrin) e de origem biológica (spinosad). O chlorpyrifos tem apresentado um dos melhores desempenhos no controle dessa praga utilizando esse método de aplicaçã. Entretanto, devido à sua baixa seletividade, deve-se proceder a uma avaliaçã rigorosa da presença de inimigos naturais na área antes de ser recomendado. O inseticida spinosad, lançado no mercado recentemente, além de ter boa eficiência no controle da lagarta, apresenta baixa toxicidade e menor impacto ambiental.

Para a lagarta-da-espiga, existem referências na literatura sobre o seu controle utilizando inseticidas via água de irrigação. Esse controle geralmente é requerido na exploração de "milho verde". Porém, os resultados obtidos experimentalmente na Embrapa Milho e Sorgo mostraram uma eficiência moderada para o controle dessa praga. Os inseticidas cyflutrin e fenitrothion foram os que apresentaram a melhor eficiência no controle da lagarta. Um aspecto crítico relacionado com a eficiência no controle dessa praga é a época para aplicação do inseticida. O período em que a lagarta é mais vulnerável ao controle é logo após a sua eclosão. Nessa fase, a lagarta encontra-se alimentando-se no "cabelo" da espiga. À medida que a lagarta cresce, ela penetra na espiga, dificultando o seu controle. Portanto, o inseticida deve ser aplicado no "cabelo" da espiga, na época adequada, para se obter melhor eficiência no controle. Na prática, geralmente ocorre um florescimento desuniforme da lavoura, o qual dificulta a tomada de decisão da época de realizar o controle, podendo refletir em menor eficiência do inseticida ou a necessidade de várias aplicações.

Para o controle de pragas subterrâneas, como a lagarta-elasmô e larva-alfinete, os inseticidas devem ser aplicados em lâminas maiores de água do que usualmente é empregado para as pragas da parte aérea da planta. Para essas duas pragas, o chlorpyrifos tem mostrado boa eficiência, utilizando uma lâmina de água de 10 mm. Outro inseticida que mostrou bom desempenho no controle da larva-alfinete via irrigação por aspersão foi o imidacloprid (Tabela 5). Para ambas as pragas, o controle tem que ser realizado logo no início do ataque, para evitar que os insetos migrem de plantas atacadas para as sadias e aumentem o prejuízo na lavoura.

Fatores que influenciam a insetigação na cultura do milho

As condições ambientais são preponderantes para o sucesso da insetigação. A velocidade

do vento influi na distribuição do inseticida, através de derivas, e aumenta a evaporação, causando a perda de eficiência com os inseticidas mais voláteis. Os inseticidas não devem ser aplicados em sistema móveis de irrigação, com velocidade de vento superior a 16 km por hora e em sistema convencional (lateral portátil), com velocidade superior a 10,5 km por hora. A umidade relativa do ar e a temperatura afetam também a evaporação. Se a umidade é baixa durante a aplicação, a evaporação ocorre rapidamente. Temperatura alta aumenta a perda de água, impedindo que o inseticida atinja a praga quanto essa se localiza nas camadas mais profundas do solo. A eficiência dos inseticidas dependerá da precipitação pluviométrica após a aplicação, sendo esta influenciada pelo volume, intensidade e distribuição. Esses fatores irão determinar quanto do ativo do inseticida irá permanecer na folhagem das plantas e penetrar no solo, ou se o inseticida irá se perder por lixiviação e pela enxurrada. A textura e a umidade do solo afetam o desempenho dos inseticidas que visam controlar as pragas subterrâneas. Geralmente, os inseticidas movimentam-se mais em solos arenosos. Em solos com alto teor de matéria orgânica, os inseticidas tendem a ser adsorvidos, retardando o seu movimento. A umidade do solo durante a aplicação influencia a penetração do inseticida no solo. Em solo mais seco, a penetração da água e do inseticida é menor do que em um solo mais úmido.

A eficiência da insetigação depende da seleção correta do inseticida. As pragas alimentam-se de diferentes partes da planta do milho, como: raízes, folhas, colmo, pendão e espiga. O controle de uma determinada espécie de inseto atacando essas partes da planta pode requerer uma formulação diferenciada do inseticida, visando alcançar maior eficiência.

A solubilidade do inseticida em água é um aspecto preponderante relacionado com a insetigação. Os inseticidas insolúveis em

água geralmente são os mais eficientes no controle de pragas da parte aérea. Os inseticidas solúveis em água são lavados da folhagem durante a irrigação e caem no solo, reduzindo a sua eficiência. Já os inseticidas insolúveis em água e solúveis em óleo são mantidos em gotículas encapsuladas, sem perder suas características na água dentro do sistema de irrigação. Na aplicação, esses inseticidas aderem às partes aéreas das plantas e ao corpo (cutícula) do inseto, aumentando a sua eficiência.

As doses dos inseticidas aplicadas na insetigação são as mesmas utilizadas em pulverizações realizadas pelos métodos convencionais (tratorizada ou costal). Observando a evolução da insetigação, verifica-se que as primeiras avaliações de inseticidas para esse emprego basearam-se nos ativos que apresentavam eficiência comprovada, através de pulverização para o controle de determinada praga. Para a insetigação, a concentração do inseticida é drasticamente reduzida, em comparação com uma pulverização convencional. Enquanto que, na pulverização, utiliza-se em termos médios um volume entre 200 e 300 l da calda por hectare, na insetigação, o volume tem variado de 25.000 a 100.000 l/ha. Embora isso possa aparentar uma desvantagem da insetigação em relação à pulverização, na prática, em alguns casos, torna-se uma vantagem. Ou seja, embora menos concentrada, a insetigação atinge o local onde a praga está localizada, sendo que a pulverização às vezes não consegue atingir.

A seleção da quantidade de água a ser aplicada na insetigação depende de vários fatores. Entre os limitantes, destacam-se aspectos relacionados à biologia da praga a ser controlada. Para o controle de insetos subterrâneos, o inseticida é conduzido através do solo pela água de irrigação até atingir a praga. Para maior eficiência, é importante avaliar a umidade do solo e a estimativa da distância que o químico percorre no solo durante a irrigação. Os

inseticidas movem-se somente numa parte da distância em que a água desloca-se no solo. Se a água é aplicada em excesso, o inseticida pode ficar abaixo da região do ataque da praga. Em caso contrário, pode ficar superficialmente e ser decomposto por raios ultra-violeta ou perdido por volatilização.

Sob determinadas condições climáticas, torna-se necessário irrigar a cultura em espaços de tempo relativamente curtos após a insetigação. Neste caso, a persistência do inseticida dependerá de sua formulação, que será afetada pela fotólise, hidrólise e metabolismo da planta.

A qualidade da água pode afetar também a eficiência da insetigação. Isto é particularmente importante para grandes áreas insetigadas ou quando grandes volumes de água são aplicados e a calda inseticida permanece no tanque por alguns dias até que a aplicação termine. Certos inseticidas, particularmente alguns organofosforados, podem perder a sua atividade por hidrólise alcalina. Em regiões onde a água é alcalina, deve-se observar o rótulo para selecionar o inseticida correto. Caso contrário, recomenda-se utilizar aditivos durante a insetigação, para a correção do pH.

A distribuição dos inseticidas é afetada pela pressão, pelo bico dos aspersores e pela velocidade da água dentro da tubulação de irrigação. A pressão de operação e o diâmetro do bico do aspersor podem mudar significativamente o diâmetro da gota na insetigação. O tamanho da gota que cai sobre a planta influencia a quantidade e a distribuição do inseticida retido nas folhas, resultando no efetivo controle da praga. O efeito do tamanho das gotas na eficiência do inseticida varia com a formulação, sendo importante para a mistura inseticida com óleo vegetal. A velocidade do fluxo de água dentro da tubulação também afeta a eficiência da insetigação. A velocidade tem pouca influência sobre formulações solúveis em água e muita sobre formulações solúveis

em óleo. A explicação mais aceita é que a velocidade do fluxo decresce com o aumento da distância do ponto de injeção, reduzindo a distribuição homogênea do químico na tubulação. O ideal é que a velocidade de água seja superior a 1,1 m/s no ponto de injeção, para que possa "quebrar" as gotículas de óleo com inseticida, permitindo uma distribuição uniforme pelos aspersores do pivô. Velocidade inferior a 1,1 m/s pode proporcionar uma maior quantidade de inseticida próximo à base do pivô do que ao longo da torre, resultando em um controle desuniforme da praga.

Em um sistema de produção é comum coincidir a época de aplicar o fertilizante e a necessidade de realizar o controle de uma praga. A literatura mostra que inseticidas como o chlorpyrifos, permethrin e fenvalerate podem ser aplicados com fertilizantes nitrogenados na mesma água de irrigação, desde que sejam injetados independentemente. Embora existam alguns resultados mostrando a viabilidade da mistura de tanque de alguns inseticidas e da mistura de inseticidas com outros agroquímicos, essa prática tem sido evitada, principalmente devido ao grande número de produtos existentes no mercado e à quase inexistência de trabalhos de compatibilidade.

Fungigação

A partir do início da década de 90, algumas doenças fúngicas foliares, pelo aumento da frequência e da severidade com que vêm ocorrendo, têm causado sensível redução na qualidade e na produção de milho. Essas doenças são: a mancha foliar provocada por *Phaeosphaeria maydis*; as ferrugens provocadas por *Puccinia sorghi*, *Puccinia polysora* e *Phytophthora zeae*; a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e, a partir do ano 2000, a cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*).

Vários fatores podem estar contribuindo para o aumento na incidência de doenças na

cultura do milho: o aumento da área cultivada; o aumento do número de cultivares comerciais com diferentes níveis de resistência às doenças; o manejo inadequado de água em plantios sob pivô ou na aspersão convencional, os plantios diretos de milho sobre milho, o cultivo do milho safrinha e os plantios consecutivos de milho durante o ano todo, os quais podem contribuir para aumentos significativos de patógenos.

O controle químico de doenças foliares em milho tem mostrado ser economicamente viável em campos de produção de sementes híbridas e em materiais genéticos. A dose do fungicida usada na fungigação deve ser aquela indicada na embalagem do produto, seguindo a orientação do registro para a cultura do milho e do patógeno para o qual o fungicida está registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. É também de extrema importância o momento exato do início da fungigação, o que pode variar para cada doença do milho.

Em países de agricultura irrigada altamente tecnificada, o controle de doenças fúngicas em plantas freqüentemente é feito mediante aplicações de fungicidas em sistemas de irrigação (fungigação) por aspersão convencional, pivô central e autopropelido. Essa prática tem mostrado, na maioria dos casos, eficiência e segurança.

Com relação ao milho, até o momento, a pesquisa brasileira não dispõe de dados que permitam recomendar a aplicação de fungicidas por fungigação para o controle das principais doenças dessa cultura. Contudo, existem informações de que alguns produtores de sementes híbridas de milho têm utilizado essa técnica com sucesso.

Diversos fatores que retardam as aplicações de fungicidas em pulverizações convencionais ou aéreas não interferem na fungigação, como a alta umidade do solo, que impede a pulverização tratorizada. O fungicida pode ser aplicado em estágio de desenvolvimento mais adiantado da cultura do que com

equipamentos de pulverização convencional. Ademais, a fungigação pode ser realizada durante os períodos de nevoeiro, neblina e noturno, enquanto que essas condições impedem a aplicação aérea convencional.

Vantagens da fungigação

Destacam-se como vantagens da fungigação a economia de mão-de-obra, boa uniformidade de aplicação, pouco contato do operador com os produtos, possibilidade de aplicação do produto em qualquer fase do ciclo da cultura, menor dano físico ao solo (não compactação) e à cultura, maximização de utilização dos equipamentos de irrigação, redução dos custos de produção e melhor cobertura da superfície da planta e do solo.

A fungigação é mais econômica do que as aplicações convencionais, devido à redução de mão-de-obra e de tempo, além de evitar compactação do solo (provocada pelo deslocamento de máquinas na área durante as pulverizações feitas com trator), acarretando melhoria da estrutura do solo e, conseqüentemente, aumento da produtividade do milho.

Desvantagens da fungigação

Destacam-se como restrições à fungigação a possibilidade de distribuição irregular da lâmina de água ao longo dos aspersores, a corrosividade promovida por alguns fungicidas, possibilidade de contaminação dos mananciais hídricos, altíssima diluição dos produtos, baixa retenção de fungicida pelas folhas e possibilidade de contaminação do lençol freático e águas subterrâneas.

Para se obter maior uniformidade de distribuição dos fungicidas aplicados via água, deve-se selecionar as formulações de baixíssima solubilidade em água, pois isso evitará a rápida injeção do produto na tubulação de recalque e de aspersão e auxiliará a uniformidade de distribuição do produto nos aspersores.

A adição de óleos não-emulsionáveis (derivados de petróleo e vegetais) às

formulações comerciais de fungicidas aumenta a sua retenção e redistribuição na cobertura foliar (folhas do ápice, medianas e baixas). Mais recentemente, alguns fungicidas têm sido formulados em óleo. A relação do fungicida/óleo mais usada é de 1:1,8. Contudo, nem sempre a adição de óleos ao fungicida tem sido positiva.

De modo geral, se a água apresentar boa qualidade para irrigação, ela também se prestará à fungigação. Recomenda-se uma análise prévia quanto à concentração de sais solúveis, concentrações de sódio, de boro e de cloro. Também deve-se evitar as faixas extremas de acidez e alcalinidade.

Em geral, a uniformidade de distribuição do fungicida é sempre proporcional à uniformidade da distribuição da água pelo sistema de irrigação. Em aplicações aéreas de fungicidas e por aspersão convencional, obtêm-se coeficientes de uniformidade de 70% e 85%, respectivamente. Quando adequadamente calibrados e operados, aplicações via pivô central e autopropelido podem atingir coeficientes de uniformidade de 90 e 80%, respectivamente.

Os fungicidas sistêmicos de translocação acropetal (de baixo para cima) e de translocação acropetal e basipetal (de cima para baixo) apresentam melhor eficiência em fungigação do que os fungicidas de contato, pois parte do produto que alcança o solo pode ser absorvida pelas raízes, translocando-se para a parte aérea. Entretanto, alguns fungicidas sistêmicos têm alta solubilidade em água e apresentam maior risco de contaminação das águas subterrâneas. O mesmo processo não é observado quando se utilizam fungicidas de contato. Por outro lado, a fração do fungicida de contato que atinge o solo pode controlar os patógenos que aí vivem, como *Pythium sp.*

Manejo da Fungigação

Produtos sistêmicos ou de contato podem ser aplicados através de sistemas de irrigação por

aspersão convencional (sistema fixo ou móvel), pivô central e autopropelido. Para fungicidas que visam o controle de fungos do solo, recomenda-se usar lâminas de água de 10 a 25 mm, o que promove a incorporação desses produtos ao perfil do solo, podendo a aplicação ser realizada desde o início da irrigação por aspersão. Para os fungicidas que visam controlar as doenças da parte aérea das plantas, recomendam-se lâminas de água de 3 a 6 mm.

A diluição dos fungicidas, mesmo em altos volumes de água, comumente não tem afetado as suas eficiências no controle de doenças da parte aérea, exceto nas epidemias.

Devido ao total molhamento das plantas, a fungigação faz uma melhor deposição do fungicida na superfície das folhas, o que, de certo modo, pode compensar a baixa quantidade do fungicida retida pela folhagem.

Resultados de pesquisa no controle químico das principais doenças da cultura do milho, via pulverizações convencionais, conduzidas na Embrapa Milho e Sorgo, têm mostrado que:

- 1) para o controle da mancha por *phaeosphaeria* (*Phaeosphaeria maydis*), são eficientes os fungicidas mancozeb e azoxystrobin;
- 2) para a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), são eficientes os fungicidas tebuconazole, imibenconazole, sulfato de estreptomicina + oxitetraciclina, triforine e prochloraz;
- 3) para o controle da ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), o fungicida azoxystrobin é altamente eficiente, seguido por tebuconazole, tebuconazole + mancozeb e imibenconazole;
- 4) para o controle da ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), o fungicida tebuconazole é eficiente;

- 5) para o controle da cercosporiose (*Cercospora zae-maydis*), são eficientes os fungicidas propiconazole, tebuconazole, difenoconazole e azoxystrobin.

É oportuno ressaltar que apenas os fungicidas tebuconazole e a mistura pyraclostrobin + epoxiconazole são registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle de doenças foliares do milho. O fungicida tebuconazole é recomendado para o controle das doenças incitadas pelos patógenos *Exserohilum turcicum*, *Puccinia sorghi* e *P. polysora*, enquanto que a mistura pyraclostrobin + epoxiconazole é recomendada para o controle dos patógenos *Phaeosphaeria maydis* e *Puccinia polysora*.

Literatura Consultada

- ALMEIDA, F. S. de; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas**. 3.ed. Londrina: Livroceres, 1998. 603p.
- ALVES, V. M.; FRANÇA, G.E. de; RESENDE, M.; COELHO, A. M.; SANTOS, N. C. dos; PRADO LEITE, C.E. Aplicação de fertilizantes nitrogenados via água de irrigação. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991**, Sete Lagoas, v.5, p.32-34, 1992.
- BACKMAN, P.A. Application of fungicides to peanuts through the irrigation system. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 2, 1982, Tifton, GE. **Proceedings...** Tifton: University of Georgia, 1982. p.58-60.
- BRENNEMAN, T. B.; SUMNER, H .R.; HARRISON, G. W. Deposition and retention of chlorothalonil applied to peanut foliage: Effects of application methods, fungicide formulations and oil additives. **Peanut Science**, Raleigh, v.17, p.80-84, 1990.

- BRENNEMAN, T. B.; SUMNER, D. R. Effects of tractor traffic and chlorothalonil applied via ground sprays or center pivot irrigation systems on peanut diseases and pod yields. **Plant Disease**, St. Paul, v.74, p.277-279, 1990.
- COSTA, E.F. da et al. Cálculos operacionais e calibração nos sistemas pressurizados. In: COSTA, E.F. da. et al. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação**, Brasília: ABEAS/Viçosa: UFV, 1996. p.37-56 (ABEAS.Curso de Engenharia e Manejo de Irrigação.Módulo, 9)
- BUSCHMAN, L. L.; LAMM, F. R.; SLODERBECK, P. E.; DICK, G. L. Chemigation in corn: effects of nonemulsifiable oils and sprinkler package on the efficacy of corn borer (Lepdoptera: Pyralidae) insecticides. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.78, n.6, p.1331-1336, 1985.
- CAMEIRA, M. R.; SOUZA, P. L. Modeling fertigation-RZWQM- Root Zone Water Quality Model. In: DAHLIA GREIDINGER INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FERTIGATION, 1995, Haifa, Israel. **Proceedings...** Haifa: Israel Institute of Technology, 1995. p.313-325.
- CHALFANT, R. B.; YOUNG, J. R. Chemigation, or application of insecticide through overhead sprinkler irrigation systems, to manage insect pests infesting vegetable and agronomic crops. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.75, p. 237-241, 1982.
- CHANDLER, L. D.; SUMNER, H. R. Effects of various chemigation methodologies on the suppression of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.74, p. 270-279, 1991.
- CHANDLER, L. D.; SUMNER, H. R.; MULLINIX, B. G. Assessment of irrigation related insecticide application methods of control of lepidopteran insect pests of sweet corn. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.87, p.212-219, 1994.
- COELHO, A. .M.; FRANÇA, G. E. de; BAHIA FILHO, A. F. C. Dinâmica do Nitrogênio em um Latossolo Vermelho-Escuro, Fase Cerrado, Cultivado com Milho. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.1988- 1991**, Sete Lagoas, v.5, p.215, 1992.
- COELHO, A. M. .Fertirrigação. In: COSTA, E. F. DA; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Sete Lagoas: EMBRAPA. CNPMS/Brasília: EMBRAPA. SPI, 1994. p. 201-227.
- COSTA, E. F da; BRITO, R. A. L. **Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1988, 19p. (EMBRAPA-CNPMS.Circular Técnica, 13).
- COSTA, E. F.; BRITO, R. A. L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: .aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Sete Lagoas: EMBRAPA. CNPMS/Brasília: EMBRAPA. SPI, 1994. p. 85-109.
- COSTA,E. F da; FRANÇA, G. E de ; ALVES, V. M. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v 12, n.39, p.63-68, 1986 .
- CRUZ, I., VALICENTE, F. H., SANTOS, J. P., WAQUIL, J. M., VIANA, P. A. **Manual de identificação de pragas da cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 67p.

- DOWLER, C.C.; FRITZ, C. D.; JOHNSON, A. W.; NEWTON, G.; OVERMAN, A.J.; RAUN, E. S.; SANTO, G. S; YOUNG, J. R. **Guidance for pesticide and plant growth regulator product performance testing through irrigation systems**. Lincoln: University of Nebraska/IANR, [19-]. 22 p.
- GUY, C. B.; TALBERT, R. E.; FERGUSON, J. A. The performance of selective postemergence grass herbicides applied with different sprinkler irrigation water volumes. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON CHEMIGATION, 3. 1985, Tifton, GA. **Proceedings...** Tifton: University of Georgia's College of Agriculture, 1985. p. 68-73.
- JOHNSON, A. W.; YOUNG, J. R.; THREADGILL, E. D.; DOWLER, C. C.; SUMNER, D. R. Chemigation for crop production management. **Plant Disease**, St. Paul, v.70, n.11, p.998-1004, 1986.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Phosphorus. In: **Principles of Plant Nutrition**, 3.ed. Bern: International Potash Institute, 1982. cap.9, p.387-409.
- MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F. **Calibração**. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via Irrigação**. Sete Lagoas: EMBRAPA. CNPMS/ Brasília: EMBRAPA. SPI, 1994. p. 159-179.
- NOVAIS, M. V.; NOVAIS, R. F.; BRAGA, J. M. Efeito da adubação nitrogenada e de seu parcelamento sobre a cultura do milho em Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.115, p.193-202, 1974.
- OGG JR., A. G. Applying herbicides in irrigation water – a review. **Crop Protection**, Surrey, v.5, n.1, p.53-65, 1986.
- OGG, JR., A. G.; DOWLER, C. C. Applying herbicides through irrigation systems. In: McWORTHER, C. G.; GEBHARDT, M. R. **Methodes of applying Herbicides**. Champaign, IL: Weed Science Society of America, 1988. p.145-164.
- PETERS, L. L.; LOWRY, S. R. Western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval control with chlorpyrifos applied at planting time versus a post - planting chemigation application to corn grown under two different tillage systems. **Journal of the Kansas Entomological Society**, Lawrence, v. 64, n.4, p 451-454, 1991.
- PINTO, J. M., SOARES, J. M. **Fertirrigação: adubação via água de irrigação**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1990. 16p (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 70).
- PINTO, N F. J. A.; COSTA, E .F. da. Efeito de lâminas de água na aplicação de fungicidas via aspersão convencional para o controle da brusone (*Pyricularia oryzae*) em arroz. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.17, p.185, 1992.
- PINTO, N. F .J. A.; COSTA, E. F. da. Aplicação de fungicida via água de irrigação por aspersão. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1985-1987**, Sete Lagoas, v.4, p.134, 1986.
- PINTO, N. F. J. A.; COSTA, E. F. da.; RIBEIRO, E. A. Aplicação de fungicidas via água de irrigação por aspersão para o controle da brusone (*Pyricularia oryzae*) em arroz. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991**, Sete Lagoas, v.5, p.46-47, 1992.
- PINTO, N. F.J. A.; COSTA, E. F. da. Aplicação de fungicidas via água de irrigação por aspersão para o controle da ferrugem-do-feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n. 2, p. 317-321, 1999.
- POTTER, H. S. Fungigation for control of foliar and fruit disease of tomato, 1977. **Fungicide and Nematicide Tests**, Ithaca, v.35, p.95, 1980
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo: Agronômica CERES/ Potafos, 1991. 343p.

SUMNER, H. R.; CHALFANT, R. B.; COCHRAN, D. Influence of chemigation parameters on fall armyworm control in field corn. *Florida Entomologist*, Gainesville, v.74, p.280-287, 1991.

THREADGILL, E. D. Chemigation and plant protection. In: EXPERT CONSULTATION ON FERTIGATION, CHEMIGATION, 1991, Cairo. *Proceedings...* Rome: FAO, 1991b. p.136-155.

UNIVERSITY OF NEBRASKA. **Calibration of center pivot**. Lincoln, 1996. (Proj 87-EXCA-3-0796).

VIANA, P.A. Manejo de pragas na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia; **A inovação tecnológica e a competitividade no contexto dos mercados globalizados: [anais]...** Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. CD ROM. Seção Palestra.

VIANA, P. A. Insetigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A.

Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via Irrigação. Sete Lagoas: EMBRAPA. CNPMS/Brasília: EMBRAPA. SPI, 1994. p. 249-268.

VIANA, P. A.; COSTA, E. F. da. Controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae) na cultura do milho com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.27, n.3, p. 451-458, 1998.

VIANA, P. A.; COSTA, E. F. da. Controle da lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus*, com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão, na cultura do milho. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-91**, Sete Lagoas, v.5, p. 45, 1992b.

VIANA., P. A.; COSTA, E. F. da. Eficiência de inseticidas misturados em óleo vegetal aplicados via irrigação por aspersão para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* em milho. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1992-1993**, v.6, p.139-140, 1994.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO A. E. (Coord.) **Fertilizantes fluidos**. POTAFOS: Piracicaba, 1994. p.261-279.

WAUCHOPE, R. D., YOUNG, J. R.; CHALFANT, R. B.; MARTI, L. R.; SUMNER, H. R. Deposition, mobility and persistence of sprinkler-irrigation-applied chlorpyrifos on corn foliage and in soil. **Pesticide Science**, Oxford, v. 32, p. 235-243, 1991.

WITKOWSKI, J. F.; BARBER, D. T.; CURRIER, D. R. Control of first-generation European corn borer (Lepidoptera Pyralidae) larvae in Nebraska by applying insecticides by center-pivot irrigation systems. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.79, n.6, p.1595-1598, 1986.

YOUNG, J. R. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) control through chemigation: an update. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 69, p. 594-598, 1986.

Circular Técnica, 18

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3779-1000
Fax: (31) 3779-1088
E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2002): 1.000 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Ivan Cruz
Secretário-Executivo: Frederico Ozanan M. Durães
Membros: Antônio Carlos de Oliveira, Arnaldo Ferreira da Silva, Carlos Roberto Casela, Fernando Tavares Fernandes e Paulo Afonso Viana

Expediente

Supervisor editorial: José Heitor Vasconcellos
Revisão de texto: Dilermando Lúcio de Oliveira
Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa
Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa