



CULTIVO DO MILHO

Quimigação

Ricardo A.L. Brito¹

Introdução

A Quimigação consiste em aplicar uma solução, ou 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 e outros.

Uma vez que a solução estará misturada à água de irrigação, a uniformidade de aplicação do agroquímico 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. A quimigação é praticamente restrita aos métodos pressurizados (aspersão e irrigação localizada).

Os sistemas pressurizados 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. Essa característica contribui na obtenção de boa uniformidade de aplicação. Esses sistemas podem ser usados para aplicar diversos produtos químicos, como fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas e até mesmo outros produtos não tradicionais, como bioinseticidas e vírus. A injeção é feita na tubulação principal ou lateral e o ponto de aplicação será o aspersor ou emissor. No caso da cultura do milho, pelas suas características de densidade de plantio, a irrigação localizada tem pouco uso comercial.

¹ Eng. Agr., PhD, Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151 CEP 35 701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: rbrito@cnpmis.embrapa.br

A injeção dos produtos pode ser efetuada utilizando-se diferentes métodos e equipamentos (Costa & Brito, 1994), porém, independentemente do método adotado, a qualidade dos resultados obtidos na quimigação depende do cálculo correto de variáveis como taxa de injeção, quantidade do produto a ser injetada, volume do tanque de injeção, dose do produto a ser aplicada na área irrigada, 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 sistema, ou que a taxa de injeção desejada estará realmente ocorrendo no campo. Portanto, tão importante quanto os cálculos operacionais, é também proceder à calibração periódica dos equipamentos (Brito & Costa, 1998).

Informações preliminares sobre produtos

A quimigação requer que os produtos usados estejam em solução, ou que possam ser disponibilizados em forma líquida, ou fluida. Portanto, se os materiais usados não forem originalmente fluidos, é necessário preparar a solução 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)

A injeção de produtos químicos pode ser realizada utilizando vários métodos (Costa & Brito, 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 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 solução 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 requerido por 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.

Quantidade do produto injetada por lateral

A aplicação de agroquímicos, num sistema de aspersão com laterais portáteis, consiste de várias etapas, cujos cálculos são apresentados na seqüência seguinte (Frizzone et al. 1985):

Quantidade de produto a ser injetada

Para calcular a quantidade de produto a ser injetada, pode-se usar a fórmula:

$$Q_i = \frac{E_a E_l N_a P_d}{10.000} \quad (\text{eq.1})$$

em que Q_i é a quantidade de produto, ou princípio ativo, a ser aplicada por linha lateral (kg); E_a é o espaçamento entre aspersores na linha lateral (m); E_l é o espaçamento entre laterais (m); N_a é o número de aspersores na linha lateral; P_d é a dose recomendada do produto ou princípio ativo (kg/ha).

Quantidade de produto sólido a ser colocada no tanque

Quando o produto, no seu estado original, é sólido, é necessário preparar a solução no tanque, podendo-se usar a equação:

$$Q_p = \frac{C_a Q V_a}{q_i P} \quad (\text{eq.2})$$

em que Q_p é quantidade de produto a ser colocada no tanque (g); C_a é a concentração desejada do elemento ou princípio ativo na solução na saída dos aspersores (g/m³, mg/L ou ppm); Q é a vazão do sistema de irrigação (m³/h); V_a é a capacidade do tanque (m³); q_i representa a taxa de injeção (m³/h); P é a porcentagem do elemento no produto, expresso em valor decimal. Vale mencionar que a presença de Ca na fórmula deve-se ao fato de que alguns produtos, dependendo de sua concentração na água, podem produzir efeitos de queima ou toxidez na folhagem. Ao utilizar algum produto dessa natureza, deve-se verificar o limite recomendável de concentração.

Número necessário de tanques do produto (NT)

Para estabelecer o número de tanques que serão necessários para comportar a solução, ou calda, a ser injetada, faz-se o cálculo seguinte:

$$N_T = \frac{P_d A}{P Q_p} \quad (\text{eq.3})$$

em que Q_p representa a quantidade do produto (sólido) em cada tanque, que, nesta fórmula, é comumente usado em kilograma (kg), diferentemente da eq. 2; A é a área irrigada, em cada posição da linha lateral (ha), e os outros termos já foram anteriormente definidos.

Exemplo 1: Pretende-se aplicar nitrogênio (N) numa área, utilizando-se uréia, com um

sistema de irrigação com laterais portáteis (convencional), em que cada lateral é composta de 12 aspersores, com vazão individual de 3 m³/h, espaçamento igual entre linhas e entre aspersores, de 18 m. As seguintes informações são disponíveis:

- concentração desejada na água de irrigação, $C_a = 250$ ppm de N;
- capacidade de injeção da bomba, $q_i = 0,50$ m³/h;
- capacidade do tanque, $V_a = 400$ L (0,40 m³);
- dose recomendada do nutriente (N), $P_d = 50$ kg/ha de N;

Calcular:

- a. a quantidade de nutriente (N) a ser aplicada, por lateral;
- b. a quantidade de fertilizante sólido (uréia), a ser colocada em cada tanque.
- c. o número necessário de tanques, por aplicação;

Solução:

1. quantidade de N a ser injetada, em cada lateral :
Usando a eq. 1, tem-se:

$$Q_i = \frac{(18)(18)(12)(50)}{10.000} = 19,44 \text{kg}$$

como a uréia tem 45% de N, esses 19,44 kg equivalem a 43,2 kg de uréia.

2. quantidade de fertilizante sólido (uréia), a ser colocada em cada tanque. Como cada lateral contém 12 aspersores, com vazão individual de 3 m³ /h, a vazão na lateral, Q , será de 36 m³ /h. A uréia contém 45% de N, ou 0,45. Usando a eq. 2, calcula-se:

$$Q_p = \frac{(250)(36)(0,4)}{(0,50)(0,45)} = 16.000 \text{g} = 16 \text{kg}$$

que é a quantidade de uréia sólida a ser colocada em cada tanque.

A solubilidade da uréia é de 120 kg/100L. Como o tanque tem capacidade de 400

litros, para diluir 16 kg de uréia, isso equivale a uma solubilidade de 4 kg/100L, bastante inferior à da uréia. Portanto, o produto será facilmente diluído.

3. Número necessário de tanques (NT):

A área irrigada a cada posição da lateral, considerando o espaçamento de 18 x 18 m, será de $12 \times 324 \text{ m}^2 = 3.888 \text{ m}^2$, ou aproximadamente 0,39 ha.

Usando a eq. 3, obtém-se:

$$N_t = \frac{(50)(0,39)}{(0,45)(16)} \cong 2,7$$

Portanto, serão necessários três tanques. Multiplicando-se o número de tanques pela quantidade de uréia a ser colocada em cada um (3×16), obtém-se o total de 48 kg, portanto, superior ao valor encontrado no final do item (a) do exemplo, 43,2 kg, devendo-se a diferença a erros de arredondamento. Nesse caso, pode-se ajustar a quantidade do produto a ser colocada em cada tanque para $43,2/3 = 14,4$ kg.

Aplicação via pivô central

O sistema pivô central tem sido amplamente usado para quimigação, 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 60m até aproximadamente 650m, 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.

Cálculo da taxa de injeção

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.

A taxa de injeção de determinado produto químico 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. Estas variáveis estão todas relacionadas e a taxa de injeção pode ser calculada pela equação:

$$q_i = \frac{P_d r^2 v_t V_a}{20.000 r_t Q_p} \quad (\text{eq.4})$$

em que q_i é a taxa de injeção (L/min); P_d é a dose do produto na área irrigada (kg ou L/ha); v_t é velocidade do pivô na última torre (m/min); r_t é a distância do ponto do pivô até a última torre (m); r é o raio irrigado do pivô central; Q_p é a quantidade do produto no tanque de injeção (kg ou L); e V_a é o volume de água no tanque em que o produto é diluído (L). Na constante 20.000 está embutida a unidade m^2/ha . Na prática, geralmente, a taxa de injeção é pré-fixada, calculando-se a quantidade do produto a ser diluída em um determinado volume de água.

Dependendo da concentração da solução injetada, de sua taxa de injeção e da vazão do sistema de irrigação, poderão surgir efeitos indesejáveis, como precipitação de sais da água, corrosão dos materiais componentes do equipamento, toxicidade das plantas ou contaminação do ambiente. Por isso, considera-se muito importante obter a concentração final do produto injetado na água de irrigação e avaliar as possibilidades de dano ao equipamento de irrigação e ao sistema de produção utilizado. O cálculo da

concentração do produto na água de irrigação, C_a (mg/L), pode ser realizado utilizando a seguinte expressão:

$$C_a = \frac{q_i \left(\frac{Q_p}{V_a} \right)}{60Q} 10^6 \quad (\text{eq.5})$$

em que Q representa a vazão do sistema de irrigação (L/s).

Quando o sistema não dispõe de um medidor de vazão, recomenda-se estimar seu valor a partir de informações sobre a lâmina média aplicada e a uniformidade de distribuição de água do equipamento, utilizando a seguinte fórmula:

$$Q = 3,636(10)^{-5} \frac{r^2 L_i}{U_i} \quad (\text{eq.6})$$

em que L_i é a lâmina média aplicada (mm/d); e U_i representa o índice de uniformidade adotado, expresso em forma decimal;

O número de tanques a serem utilizados na aplicação depende do tamanho do pivô, da capacidade do reservatório de injeção utilizado, da velocidade de deslocamento do equipamento e da taxa de injeção empregada. Pode ser calculado da seguinte forma:

$$N_T = \frac{2 \pi r_i q_i}{v_i V_a} \quad (\text{eq.7})$$

em que N_T representa o número de tanques necessários para a aplicação em um círculo completo; as outras variáveis já foram definidas anteriormente.

Exemplo 2: Deseja-se aplicar uma dose de 20 kg/ha de uréia, através de um pivô central com raio irrigado de 400 m. O equipamento irá deslocar-se numa velocidade de 2,5 m/min, na última torre, que se encontra a 385 m do ponto pivô. Pretende-se dissolver 360 kg do

fertilizante, de uma só vez, em 800 L de água no tanque de injeção. Pede-se determinar: a) a taxa de injeção necessária para aplicar uréia uniformemente; b) a concentração do produto na água de irrigação, sabendo que a vazão no sistema de irrigação é de 47,5 L/s; c) o volume total de solução necessário para aplicação da dose requerida em toda a área desse pivô central.

Solução:

Sendo o raio irrigado de 400m, a área total é $\pi (400)^2 = 502.654 \text{ m}^2$, ou 50 ha. Com a dose de 20 kg/ha, isso representa um total de 1000 kg de uréia a serem aplicados.

1. Taxa de injeção:

$$q_i = \frac{(20)(400)^2 (2,5)(800)}{20.000(385)(360)} = 2,31 \text{ L / min}$$

Usando a eq. 4

2. Concentração do produto na água de irrigação

$$C_a = \frac{(2,31) \left(\frac{360}{800} \right)}{60(47,5)} 10^6 \cong 365 \text{ mg / L}$$

Aplicando o valor obtido acima na eq. 5

Se for o caso de produto com maior nível de toxidez, este valor de concentração deverá ser comparado ao limite tolerável pela cultura.

3. Volume total de solução:

$$\text{Volume total} = N_T V_a = \frac{2 \pi r_i q_i}{v_i} = \frac{2 \pi (385)(2,31)}{(2,5)} = 2.234 \text{ L}$$

Redistribuindo os termos da eq. 7, o que equivale aproximadamente a 2,8 tanques de 800 L, ou seja, serão usados três tanques. Ajustando-se os 1000 kg de uréia para três tanques, deverão ser diluídos 333 kg de uréia por tanque.

O equipamento de pivô central deve estar bem ajustado, para promover uma aplicação eficiente. Em geral, equipamentos com

uniformidade de distribuição acima de 85% são considerados adequados para a quimigação.

Calibração

Na produção agrícola, são usados diferentes tipos de equipamentos e técnicas de medição. Uma vez tomada a decisão de "quimigar", 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 checagem 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 produto 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 do tubo de calibração.

A calibração é conduzida pelo ajuste da taxa de injeção de produto da bomba injetora, para injetar a quantidade correta do produto. Pequenos erros na entrada de produtos podem causar taxas mais altas ou mais baixas de aplicação e podem-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 (Moreira & Stone, 1994). O processo de calibração, quando se usa venturi, é feito determinando-se a vazão derivada, que é uma parte da vazão total que passa pelo tanque de solução. A determinação dessa vazão é feita instalando-se um hidrômetro na mangueira entre o ponto de tomada de água na tubulação de irrigação e o tanque de solução. Após a determinação da vazão derivada, é feita a calibração, isto é, a vazão derivada é ajustada à taxa de aplicação do produto determinada antecipadamente.

Por exemplo, deseja-se aplicar uma solução de agroquímico a uma taxa de 20 L em 10 minutos. Com o sistema em funcionamento e o tanque com água, mede-se o tempo gasto para passar os 20 litros pelo hidrômetro; se o tempo for menor que os 10 minutos necessários, é sinal de que o registro está muito aberto e deve ser fechado um pouco. Se maior, está muito fechado e deve ser aberto um pouco mais. Este procedimento deve ser repetido até obter a vazão desejada de 20 litros em 10 minutos. Na ausência de um hidrômetro, pode-se utilizar o cilindro graduado e coletar a vazão derivada em um tempo preestabelecido, ou determinar o tempo de uma vazão preestabelecida. Em ambos os casos, deve-se utilizar a unidade de litros por minuto (L/min) (Moreira & Stone, 1994).

As bombas injetoras de pistão são bastante apropriadas para a injeção de fertilizantes nitrogenados. Nesse equipamento, a taxa de injeção do produto químico é determinada pelo número de golpes dados por um pistão de determinado comprimento e diâmetro. Normalmente, a relação taxa de injeção por número de golpes é fornecida pelo fabricante através de catálogos, o que não deve impedir que se faça uma nova calibração a cada aplicação, uma vez que os valores dessa relação estão sujeitos a variações resultantes de alterações na pressão diferencial a que o injetor é submetido.

O procedimento de calibração é o seguinte (Moreira & Stone, 1994): com a bomba

instalada e o sistema de irrigação em funcionamento, abre-se lentamente o registro de entrada de água localizado na parte inferior da bomba. A bomba imediatamente entra em funcionamento. Ligado à bomba, um contador registra o número de golpes do pistão. A cada movimento do pistão, a bomba injeta determinada vazão, que deve ser medida por meio de um cilindro graduado. Como a quantidade de produto por área é calculada antecipadamente, ajusta-se o funcionamento da bomba injetora a esses valores. Isto é feito mediante a abertura do registro de água, que regula a frequência dos golpes, que normalmente são de um a doze por minuto, o que corresponde a aproximadamente 30 a 360 L/h de solução.

Em seguida, são apresentados procedimentos de calibração para sistemas de irrigação por laterais portáteis, pivô central e gotejamento, extraídos de Moreira & Stone (1994).

Sistema de aspersão por laterais portáteis (convencional)

a) Determinar a área irrigada por uma linha lateral. 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:

6 laterais com 240 m de comprimento cada, espaçadas entre si de 6 m. $(240\text{m} \times 6\text{m} \times 6) / (10.000\text{m}^2/\text{ha}) = 0,86 \text{ ha}$

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

Exemplo:

Dose de 4 L/ha.

c) Determinar a quantidade total de produto químico necessária, multiplicando-se a área irrigada pela quantidade do produto por hectare: $0,86 \text{ ha} \times 4 \text{ L/ha} = 3,44 \text{ L do produto}$.

d) Determinar a quantidade de água a ser aplicada durante a irrigação de uma lateral

(calculada na elaboração do projeto de irrigação).

Exemplo:

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

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

Exemplo:

De acordo com a tabela de aspersores, a taxa de aplicação de água será de 7mm/h.

f) Determinar o tempo de irrigação, dividindo-se a quantidade de água a ser aplicada (item 4) pela taxa de aplicação de água (item 5): (28 mm) / (7mm/h) = 4 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 de solução com água, deixando espaço suficiente para a adição do produto químico. Acionar o agitador do tanque e adicionar o produto.

Exemplo:

Para um tanque de 50 L, adicionar aproximadamente 46,5 L de água, ligar o agitador e adicionar os 3,44 L do produto para completar o volume total.

h) Determinar a taxa de injeção, dividindo o total de litros no tanque (item 7) pelo tempo, em horas, requerido para aplicar o produto (item 6): 50 L/2 h = 25 L/h.

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

j) Se a solução for aplicada no final do tempo de irrigação, deixar o sistema de irrigação em funcionamento por tempo suficiente, após o término da injeção, para assegurar que a solução foi completamente removida do sistema.

Pivô central

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

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

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

Exemplo:

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

Se r = 280 m

b) Determinar a quantidade total de produto químico a ser aplicado, 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:

Volume = 24,6 ha x 3 L/ha = 73,8 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.

Exemplo:

Num tanque de 200 L, adicionar aproximadamente 126 L de água, ligar o agitador e adicionar os 73,8 L do produto, para completar o volume total.

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

Exemplo:

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

Distância percorrida em 10 minutos = 200 metros.

e) Determinar o tempo de uma revolução completa do pivô central. A circunferência e a velocidade rotacional do pivô são necessárias

nesse cálculo. A circunferência (C) é calculada pela fórmula:

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

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

Exemplo:

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

Raio do pivô = 250 metros

O tempo de revolução é calculado dividindo-se a circunferência pela velocidade de deslocamento do pivô:

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

f) Determinar a taxa de aplicação/injeção do produto, que é obtida dividindo-se a quantidade de solução necessária para a quimigação (item 3) pelo tempo de revolução do pivô (item 5):

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

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 tempo suficiente (normalmente em torno de cinco minutos) após o término da injeção, para assegurar que a solução foi completamente removida do sistema de irrigação.

Literatura Citada

BRITO, R.A.L.; COSTA, E.F. Cálculos operacionais e calibração nos sistemas pressurizados. In: COSTA, E.F. da; BRITO, R.A.L.; VIANA, P.A.; TEIXEIRA, D.M.C.; PITTA, G.V.E.; COELHO, A.M.; ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS, C.A.; VALICENTE, F.H.; PINTO, N.S.J.A.; SILVA, J.B. da; KARAM, D.; VIEIRA, R.F. **Curso de engenharia e manejo de irrigação**: quimigação - aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação. Brasília: ABEAS / Viçosa: UFV, 1998. v. 9, cap.4, p. 37-56.

COSTA, E.F.; BRITO, R.A.L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. cap.3, p.85-109.

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PAES, L. A. D.; NASCIMENTO, V. M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico, 2).

MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F. Calibração. In: In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. cap.6, p.159-171.

Comunicado Técnico, 57

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Caixa Postal 151 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: 0xx31 3779 1000
Fax: 0xx31 3779 1088
E-mail: sac@cnpmc.embrapa.br

MINISTERIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

1ª edição
1ª impressão (2002) Tiragem: 200

Comitê de Publicações

Presidente: Ivan Cruz
Secretário-Executivo: Frederico Ozanan Machado 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
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa